

土被り厚の違いにおけるトンネルの変形特性

摂南大学大学院工学研究科 学生会員 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
大林組技術研究所 正会員 木梨 秀雄

1. はじめに

トンネル掘削において、土被り厚が浅くしかもトンネル周辺に構造物がない場合、天端の崩落から思わぬ地表面の沈下や崩壊を引起すことがある。このような場合には、加背割りを小さくすることで対処していたが、最近では作業効率を上げるために全断面工法に近い掘削事例が多くなってきている。しかし、NATMにおける掘削サイクルの中では、ずり出し作業に占める割合が大きく、その間は切羽面および天端の地山が安定していることが必要条件となる。

著者らは、日本道路公団の地山等級 B~D における H/D (土被り厚 H /トンネル幅 D) =1.0 のような条件下において、ずり出し作業中に起こるトンネル天端部分の挙動を数値解析的に把握することを試みた¹⁾。その結果、地山等級 B、C については地山は安定しているが、地山等級が C あるいは D になると、崩落と緩みが生じ、場合によっては補助工法が必要になることがわかった。また、地山等級 D については、地山等級を細分化して解析を行った。細分化した等級 D' の場合には、トンネル掘削が困難なほど天端部分からの崩落が見られた。一方、細分化した等級 D'' では、地表面まで崩落した。

本研究では、土被り厚の違いがトンネルの変形特性に及ぼす影響を調べるため、地山等級 D を細分化した D'' での条件下で数値解析を実施した。

2. 解析条件

2 車線の道路トンネルを全断面工法により掘削するものとした。解析領域としては、トンネル幅 D を約 10m、トンネルの側方をトンネル幅の 2 倍、下方をトンネル幅の 1.5 倍とし、土被り厚 H は 5、10、20、30m と変化させて解析を行った。

なお、本研究では、土被り厚が変化することによるトンネル天端部分の崩落現象に着目しているため、個別要素法を用いて解析を行った。また、不連続面に関しては一辺 1m の格子状を仮定した。解析領域を図 - 1 に示す。

3. 入力定数

解析に用いた地山等級 D'' の入力定数を表 - 1 に示す。この表に示した入力定数は、日本道路公団²⁾から提案されている地山等級 D の代表的な値の半分の値を細分化した等級 D'' として設定したものである。また、側圧係数 K_0 は 1.0 を基本とし、 $H/D=1.0$ の場合は、0.7 および 1.3 についても解析を行った³⁾。

キーワード：浅い土被り、数値解析、DEM

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

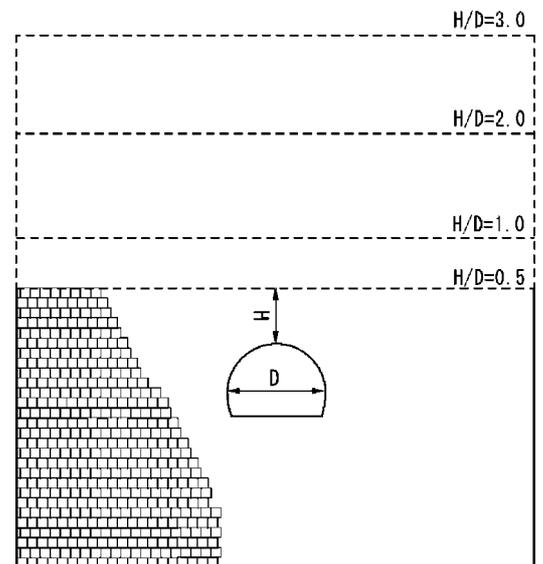


図-1 解析領域

表 - 1 入力定数

弾性係数 E	$7.5 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$
単位体積重量	20 kN/m^3
内部摩擦角	15°
粘着力 C	$1.0 \times 10^2 \text{ kN/m}^2$
ポアソン比	0.35
側圧係数 K_0	0.7、1.0、1.3
垂直剛性 K_n	$3.8 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$
せん断剛性 K_s	$1.4 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$

4. 結果と考察

図-2~5に解析結果を示す。これらの図は、トンネル周辺地山から地表面までの部分を拡大している。図-2と図-3は、 H/D がそれぞれ0.5と1.0における天端部分の地山の挙動を示したものである。いずれの条件下においてもトンネルを掘削することにより、地表面まで崩落している。このことは、表-1に示したような力学特性を有する地山でしかも土被り厚が浅い場合には、トンネルの掘削により、地表面まで崩落する可能性があることを示唆している。また、 $H/D=1.0$ については、側圧係数 K_0 が0.7と1.3の場合も解析を行った。 K_0 が0.7の場合には、当然の事ながら地表面まで崩落するが、一方、 K_0 が1.3の場合には、地表面までの崩落には至らないという結果が得られた。

図-4に、 H/D が2.0における天端部分の地山の挙動を示す。トンネルが埋没するほどの崩落が見られるが、 H/D が2.0程度になると、崩落の影響が地表面まで至ることはないようである。

図-5は、 H/D が3.0における結果を示したものである。この場合にも、トンネルの掘削が困難なほど崩落が見られるが、 $H/D=2.0$ の結果に比べると大幅に減少している。これは、土被り厚が増えることにより地山アーチが形成されやすくなったためである。

5. おわりに

土被り厚の変化がトンネル天端部分における地山の崩落現象に及ぼす影響を数値解析的に把握することを試みた。得られた結果をまとめると以下ようになる。

1) 土被り厚が浅い(H/D が1.0以下のような)場合には、地表面まで崩落することがわかった。しかし、側圧係数 K_0 が1.3程度になると側圧の影響を受けて崩落が地表面まで至らないこともわかった。

2) 土被り厚がトンネル幅 D の2倍程度になった場合には、トンネル天端部分からの崩落現象は見受けられるが、崩落が地表面までは及ばないことがわかった。

3) H/D が3.0以上になれば、地山アーチが形成されやすくなり天端部分からの崩落が大幅に減少することがわかった。

4) しかしながら、今回想定したような力学特性を有する地山にトンネルを掘削する場合には、何らかの補助工法を用いて施工しなければならないこともわかった。

今後は、浅い土被り下においてトンネルを安全に掘削するための補助工法の作用効果について解析し、成果の公表を行う予定である。

なお、数値解析を行うに当たり、ソフトブレーン(株)のご協力を得たことをここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1)山崎太志他：浅い土被り下におけるトンネルの変形特性、関西支部年次学術講演会(印刷中),2000
- 2)日本トンネル技術協会：大断面トンネルの設計・施工法に関する調査研究(その3)報告書<山岳部編>,pp.5~23,1994
- 3)三浦克：大断面トンネルと山岳トンネル工法の現状と課題、土木学会論文集, No.516/ -27, pp.1~13, 1995

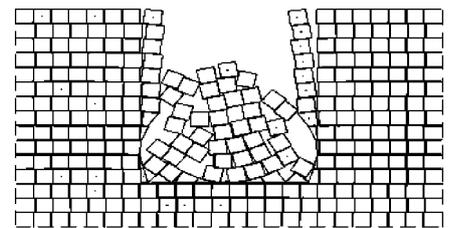


図-2 土被り厚さ5m

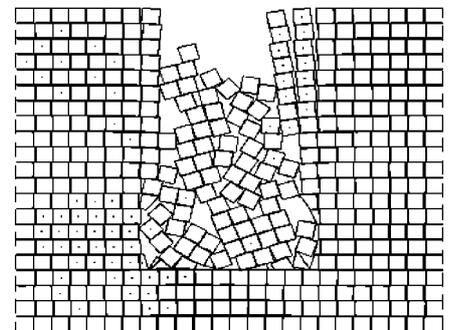


図-3 土被り厚さ10m

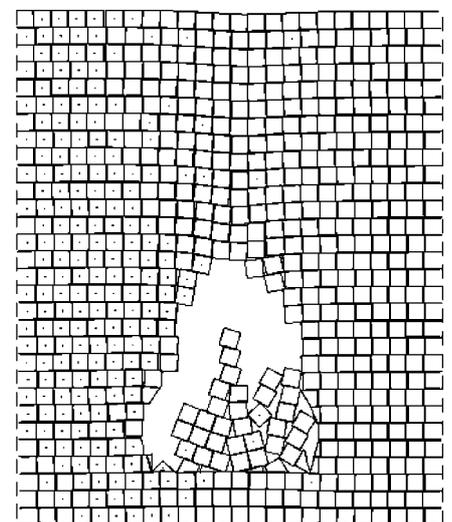


図-4 土被り厚さ20m

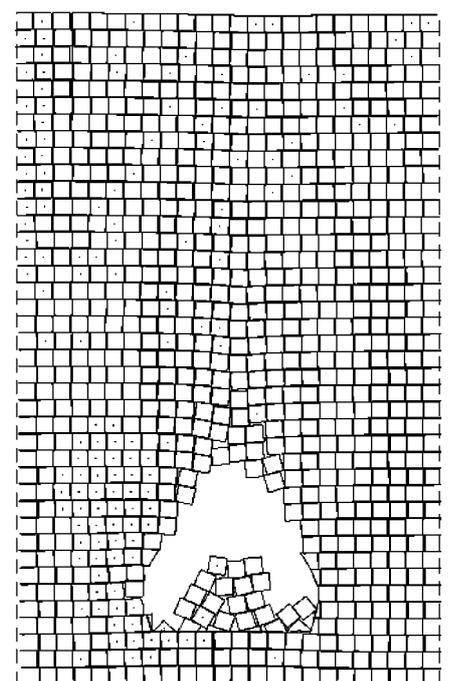


図-5 土被り厚さ30m