既設トンネル覆工切削時における切削延長の影響に関する解析的検討

国立研究開発法人土木研究所 〇長谷川慶彦,日下敦,巽義知 株式会社鴻池組 阪口治,縁田正美,若林宏彰

1. はじめに

我が国の社会資本ストックは、高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念される. 道路トンネルについても同様であり、老朽化が進行した場合、ひび割れやうき、漏水等の変状が多数発生し、利用 者被害リスクや維持管理の負担増加等が懸念される.そのようなトンネルに対する抜本的な修繕方法のひとつとし て,覆工の一部を切削して内空を確保し,新たに覆工を構築する等の大規模な更新が有効となることが考えられる. このような大規模な更新を実施するにあたって、切削後の残存部分の安定性を検討した上で、活線施工時の防護工 範囲の設定等のための切削範囲外の覆工への影響を検討する必要がある.また、この方法を効率的に進めるために は、一度の切削延長を延ばすことも考えられるが、切削延長の違いが切削範囲や周辺の覆工へ及ぼす影響について も検討する必要がある.そこで、本稿では矢板工法により建設されたトンネルの覆工を切削する場合において、一 度の切削延長が切削後の残存部分や切削範囲外の覆工に与える影響について、3次元数値解析により検討した結果 を報告する.

2. 数値解析の概要

2-1. 解析モデル

矢板工法にて建設された内空半径 5.0m の 2 車線トンネルに おける既設覆工の切削について 3 次元有限差分法にて解析し た. 図-1 に解析モデル全体図およびトンネルの横断面図を示す. モデルは左右対称を想定して半断面モデルとした.構成要素は、 矢板工法にて建設されていることを想定して, 鋼アーチ支保工 はモデル化せず,厚さ 60cm の覆エコンクリートをソリッド要 素でモデル化し、地山荷重を支持するものとした. 覆工のメッ シュサイズは、周方向に 50cm 程度、厚さ方向に 10cm、縦断方

向に 50cm とした. 覆工は, 初期応力として地山からの荷重を負担している と仮定し、全延長の掘削と同時に全延長の覆工を設置することとした.地山 はソリッド要素でモデル化し,解析領域はトンネル掘削径 D に対して上下 左右に 5D を確保し, 延長は 100m とした. 境界条件は, 上面を自由面, 左

右をローラー境界,底面を固定境界とした.また,側 圧係数は1.0とした.

2-2. 解析条件および解析ステップ

地山等級 DIを想定した弾性解析を実施した. 解 析条件を表-1に示す. 覆工の切削延長は, 表-2に示 すとおり 5m, 10m, 30m, 50m の 4 ケースとし, 切 削位置はモデル中央部とした(図-2参照). 切削厚さ





要素 モデル

図-2 切削位置(縦断図)

は、全ケースにおいて覆工表面から 30cm とし、覆工切削にあたっては、切削対象とする覆工を一括で削除した.

3. 解析結果

図-3 に各ケースにおける切削範囲中央部(モデルの 50m 地点)における覆工の表面,内部,地山側の周方向応力 キーワード:山岳トンネル,覆工,数値解析 連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人 土木研究所 道路技術研究グループ TEL:029-879-6791





単位体積 重量 変形係数 ポアソン 仕様等

(a) モデル全体図

図-1 解析モデル

表-1 解析条件

			(KN/MZ)			
цL	ソリッド	弾性	22	500	0.35	
ίI	ソリッド	弾性	23	22,000	0. 20	t=60cm



分布を示す. 横軸は, 天端部を90°とした角度で表しており, SL部が0° となる. 初期応力の分布を見ると, 覆工は全圧縮状態であり, 表面におけ る脚部の応力が最も大きな値を示す. 一方, 肩部から天端部(30°~90°) にかけては, 各部位でほぼ一定の値を示している. 図-4 に切削延長別にお ける切削後の残存部分の覆工応力と初期応力の比較を示す. 図中の(a) は 覆工内部における切削延長別の応力分布,(b) は地山側における切削延長 別の応力分布を示す. 覆工内部においては, 脚部の応力が大きく増加する. 一方, 肩部から天端にかけては, 概ね一定の割合で応力が増加しているこ





とがわかる.(b) に示す地山側における応力 分布においても同様の傾向が確認でき,脚 部における応力の変化は比較的大きいが, その他の部位に関しては概ね一定の割合で 応力が増加している.(a) に示す覆工内部 は,切削を行った場合に残存する部分であ り,切削後に応力の最大値を示す位置とな る.そのため,これ以降は,(b) 覆工内部に 着目した結果を示す.



図-5 に天端,脚部における切削前後の覆工内部の周方向応力の値を示す.天端部では初期応力が 10.56N/mm² に 対して,ケース1で 16.73N/mm²,ケース4で 19.38N/mm²となる.脚部では,初期応力が 6.23N/mm² に対して,ケ ース1で 13.91N/mm²,ケース4で 15.56N/mm²となる.天端,脚部ともに切削延長が短いほど初期応力に対する応 力増加は小さくなる.また,切削延長が長くなると,切削延長の違いによる増加応力の差は小さくなる傾向にある.

次に,覆工切削延長の違いによるトンネル縦断方向への影響を確認する.図-6に天端,脚部における周方向応力 の縦断方向分布を示す.横軸は,切削範囲端部を0とした縦断方向の距離を表している.天端部における縦断方向 の影響として,切削範囲端部付近で応力の増加が見られるが,切削範囲外への影響範囲は5m未満となっている. また,切削範囲内においても応力の増加は切削範囲端部から5m程度で概ね収束している.いずれにおいても切削 延長の違いによる影響範囲への大きな差は見られず,全ケースで同等の結果となっている.脚部においても切削延 長の違いによる影響範囲の差は確認できず,切削範囲端部からの影響範囲は天端部よりも小さい結果となった.

4. まとめ

本研究における解析条件下では、切削後の残存部分の応力は、いずれのケースにおいても初期応力に比べて増加 し、切削延長が短いほどその割合は小さい.また、切削範囲前後の覆工への影響範囲は、概ね 5m 未満であり、こ れに関しても切削延長の違いによる影響は見られなかった.これらは限られた条件下のもとでの一例であるが、切 削後の覆工の応力状態を基にした防護工範囲設定等のための基礎的な情報が得られたと考えられる.今後は、既存 の覆工厚や切削厚による違い等も含めて継続して検討を進めていきたい.