

変断面トンネル覆工の3次元有限要素解析について

五洋建設(株) 正会員 ○伊藤 浩志
 " 正会員 渡邊 伸弘
 " 正会員 武内 秀木

1. はじめに

通常、山岳トンネルの覆工コンクリートの構造検討は、トンネル横断方向の単位奥行き当たりのモデルで実施する。その際、覆工コンクリートの巻厚はトンネル横断方向、縦断方向とも一定で、作用荷重もトンネル縦断方向に変化しないものと仮定する。しかし、実際のトンネル施工において、補助工法として AGF や、トレヴィチューブなどの長尺鋼管フォアパイリングを施工する場合には、ほとんどの場合、鋼管打設基地を造るために掘削断面の拡幅を行い、その結果、覆工コンクリートの巻厚が縦断方向に変化する。すなわち、標準巻厚部分とそれよりかなり厚い巻厚部分が単一構造体の中に存在することになる。そこで、3次元有限要素解析を実施して、覆工コンクリートの縦断方向の巻厚変化が、覆工コンクリート応力に与える影響を把握することを目的とした。

2. 解析モデル

解析は線形弾性の3次元有限要素解析によった。プログラムは3次元有限要素解析の汎用プログラム「NASTRAN」を用いた。覆工コンクリートは線形弾性のシェル要素によりモデル化し、トンネル周辺地山は線形バネ要素によりモデル化した。解析のモデル図を図1に示す。なお、トンネル上半半径を5.00 mとし、インバート部もモデル化した。

物性値として、覆工コンクリートの弾性係数は22,000 MPaとし、周辺地山の弾性係数は150 MPaとした。なお、地山物性値はトンネル数値解析マニュアル¹⁾よりDⅡ相当地山の値を採用した。また、荷重として98 kN/m²の鉛直等分布荷重を作用させた。

解析ケースは、ケース1として覆工厚30cmで一定の場合、ケース2として断面拡幅による覆工巻厚変化があり、すりつけコンクリートを施工しない場合、ケース3として、断面拡幅による覆工巻厚変化があり、すりつけコンクリートを施工する場合の3ケースを実施した。これらの覆工巻厚の断面図を図2に示す。なお、すりつけコンクリートとは、長尺鋼管フォアパイリング等を施工する際、覆工コンクリートの急激な断面変化が生じないように、予め吹付けコンクリートを断面拡幅部に施工したものである。

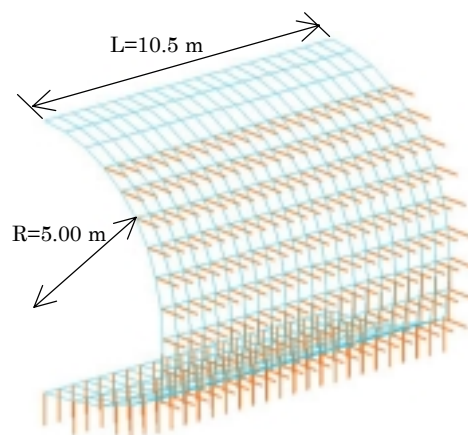


図1 解析モデル

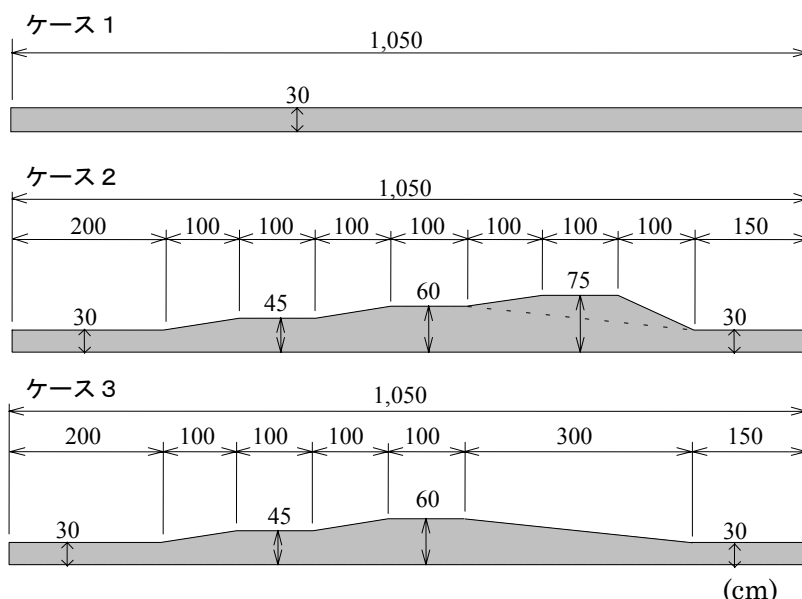


図2 覆工巻厚の断面図

キーワード：山岳トンネル、長尺鋼管フォアパイリング、覆工コンクリート、断面拡幅、数値解析

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 TEL 0287-39-2100 FAX 0287-39-2131

3. 解析結果

解析による覆工コンクリートに作用する応力を図3、4に示す。

図3に、覆工内空側に発生するトンネル周方向応力分布図を示す。ケース1では応力は全圧縮状態であるのに対し、ケース2、3では覆工厚が厚い箇所の天端部において引張応力が発生しており、覆工断面変化の影響が見られる。また、すりつけコンクリートを施工しないケース2の方が引張応力の発生する領域が大きくなっていることから、すりつけコンクリートを施工した方が覆工コンクリート応力に対しての影響は少ないことがわかる。なお、図示していないが、地山側に発生するトンネル周方向応力は全圧縮状態となっている。

図4に、覆工地山側に発生するトンネル軸方向応力分布を示す。覆工内空側周方向応力と同様、ケース1は全圧縮状態であるのに対し、覆工厚差の変化するケース2、3においては、覆工厚差が最大となる箇所の天端付近に引張応力の発生する領域があり、また下半足元付近にも引張応力の作用する領域がみられる。この場合も、すりつけコンクリートを施工しないケース2の覆工巻厚が75cmから30cmへと断面が急変する部分において引張応力の絶対値、発生領域とも大きくなっていることがわかる。

4. おわりに

本報では、長尺鋼管フォアパイリング等を打設する際の断面拡幅による覆工コンクリートの断面変化が、覆工応力に与える影響を把握する目的で実施した、3次元有限要素解析の概要と結果を示した。解析により、覆工コンクリートの断面変化がその応力状態に、わずかながら悪影響を及ぼす結果を得た。特に急激な断面変化のある場合においてはその傾向が顕著であった。すなわち、すりつけコンクリートを施工した方が、覆工コンクリートの構造面において有利であると考えられる。最近では、掘削断面を拡幅することなく長尺鋼管フォアパイリングを施工する工法も実施されており、覆工コンクリートの構造面においては、従来の工法よりこれらの工法の方が有利であると考えられる。

【参考文献】1) 日本道路公団 試験研究所 道路研究部 トンネル研究室；トンネル数値解析マニュアル 平成10年10月

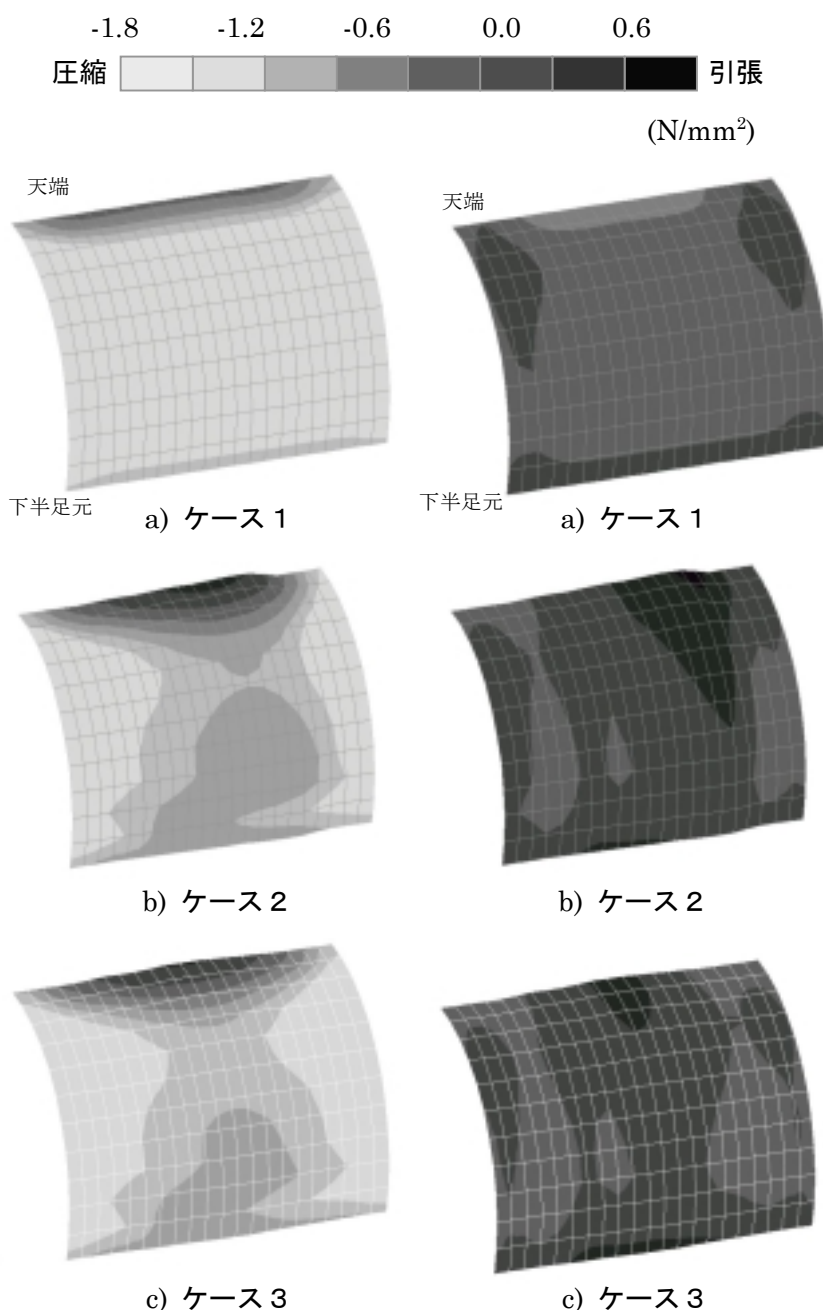


図3 解析結果
(覆工内空側、周方向応力分布)

図4 解析結果
(覆工地山側、軸方向応力分布)