

# 変断面覆工コンクリートの応力検討

伊藤 浩志\* 武内 秀木\*  
渡邊 伸弘\*

## 要 旨

通常、山岳トンネルにおける覆工コンクリートの構造検討は、トンネル横断方向断面の単位奥行きモデルで実施する。この場合、覆工巻厚はトンネル縦・横断方向とも一定として検討する。しかし、補助工法として長尺鋼管フォアパイリング等を施工する場合には、鋼管打設基地を設けるために覆工コンクリートは縦断方向に巻厚が変化することが多い。この場合、覆工は縦断的に変断面となるため、応力集中、耐久性低下等が懸念されるが、覆工厚差の影響検討をした例は見られないようである。

そこで、覆工コンクリート巻厚の縦断方向の変化がその応力に及ぼす影響を、線形弾性の3次元有限要素解析を実施することにより検討した。解析は覆工コンクリートをシェル要素、周辺地山をバネ要素でモデル化したものと、覆工コンクリート、地山ともソリッド要素でモデル化したものの2種類実施した。その結果、覆工コンクリートの断面変化がその応力状態にわずかではあるが影響を及ぼすことがわかった。

## 1. はじめに

通常、覆工コンクリートの構造検討を実施する場合、トンネル横断方向断面で実施する。その際、覆工コンクリートの巻厚はトンネル縦断方向、横断方向とも一定と仮定し、覆工コンクリートに作用する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、近年の実施工においては、地山条件の悪い場合や坑口等に、補助工法としてAGF工法やトレヴィチューブ工法等の長尺鋼管フォアパイリングを施工する機会が多く、そのほとんどの場合、鋼管打設基地を設けるための断面拡幅が必要となる(図-1参照)。よって覆工コンクリートの巻厚は縦断方向に変化する。すなわち、覆工コンクリートの単一構造体の中に、標準巻厚部分とそれより厚い巻厚部分が存在することになる。

そこで、覆工コンクリートの縦断方向の巻厚変化が、その応力に与える影響を把握することを目的として、3次元有限要素解析を実施した。

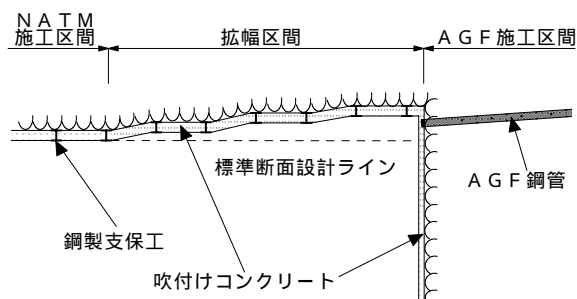


図 - 1 断面拡幅概要図

## 2. 解析概要

今回の解析においては、覆工コンクリートの縦断方向の巻厚変化を考慮した3次元有限要素解析を実施した。通常、覆工コンクリートの構造解析においては、その簡易性から通常の設計に多用される骨組み解析と、変形挙動等の詳細な検討に有効な有限要素解析が代表的であるが、それらには荷重のモデル化に大きな相違がある。そこで、2種類の解析方法の結果を比較し、同様の結果が得られるかどうかを確認するという目的で2種類の解析を実施した。

以下にその解析ケース、解析モデルを示す。

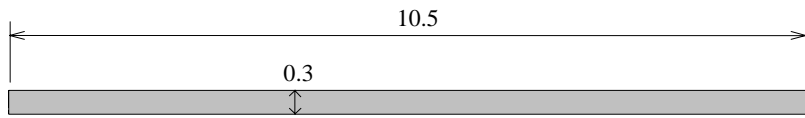
### 2.1 解析ケース

解析ケースとして、図-2に示すような覆工コンクリートの縦断方向巻厚を変化させた3ケースを実施した。なお、各ケースとも解析モデルのトンネル縦断方向長さは、覆工コンクリートの標準的な1打設長である10.5mの構造体と考えた。

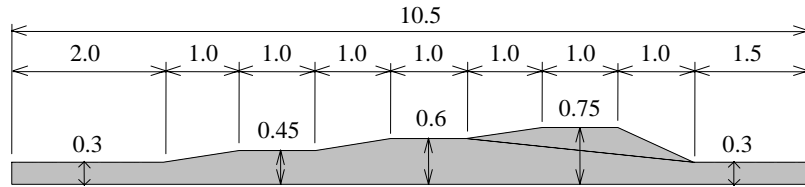
ケース1は、2車線道路トンネルの標準的な覆工コンクリート厚さの0.3mで一定と想定した場合である。

ケース2は、長尺鋼管フォアパイリングを施工した場合に、鋼管打設基地を設けるための断面拡幅を想定した場合である。縦断方向の覆工コンクリート巻厚は変化し、最大巻厚は0.75mであり、特に0.75mから、0.3mに覆工巻厚が急変する部分がある。

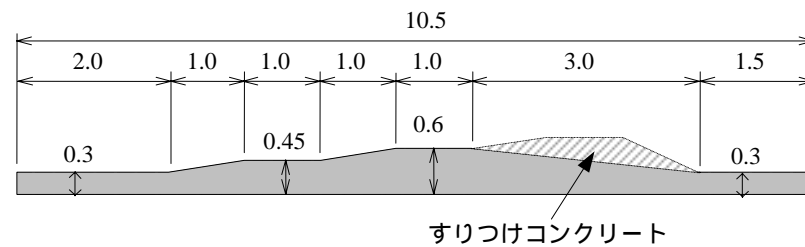
ケース3は、長尺鋼管フォアパイリングを施工した場合の断面拡幅がある条件で、3.0mにわたるすりつけコンクリートの施工を想定した場合である。よって、最大巻厚は0.6mとなり、ケース2と比較して断面変化がなだら



a) ケース 1：断面拡幅しない場合



b) ケース 2：断面拡幅する場合（すりつけコンクリートなし）



c) ケース 3：断面拡幅する場合（すりつけコンクリートあり）

(単位:m)

図 - 2 解析ケース

かになる。ここで、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した後、覆工コンクリートの急激な断面変化を回避するために、吹付けコンクリートを断面拡幅部に施工するものである。この、すりつけコンクリート施工による利点としては、上記の他にも、隅角部の防水シートの施工を容易にすること、天端部への覆工コンクリートの充填を確実にすること等がある。

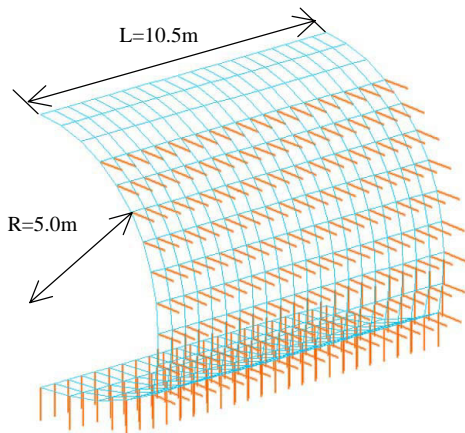


図 - 3 解析モデル (NASTRAN)

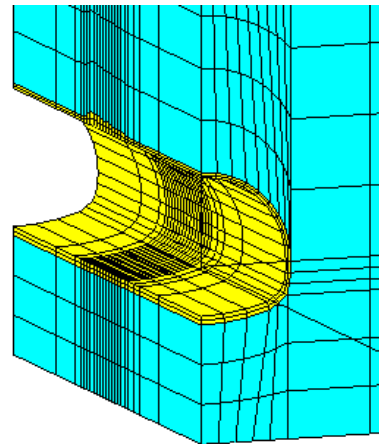


図 - 4 解析モデル (3D)

## 2.2 解析条件

2.1で示した解析ケースにおいて、各々2種類の3次元線形弾性の有限要素解析を実施した。解析条件を以下に示す。

### 2.2.1 「NASTRAN」を用いた解析の条件

覆工コンクリートを線形弾性のシェル要素、トンネル周辺地山は線形バネ要素でモデル化した。プログラムは日本エムエスシー(株)製のMSC/NASTRANを用いた。モデル図を図-3に示す。なお、トンネル半径を5.0mとして、インバートコンクリートもモデル化し、全断面閉じた形状を想定した。

物性値として、覆工コンクリートの弾性係数は22,000MPaとし、周辺地山の弾性係数は150MPaとした。なお、地山物性値は、日本道路公団が施工実績を基に提案する<sup>1)</sup>D相当地山の値を採用した。

また、荷重として、土被り高さ約5.0mに相当する98kN/m<sup>2</sup>の鉛直等分布荷重を作用させた。なお、バネ要素については、圧縮力のみが作用する平衡状態にした。

### 2.2.2 「3D」を用いた解析の条件

覆工コンクリート、トンネル周辺地山ともにソリッド要素でモデル化した。解析モデルを図-4に示す。この場合も、トンネル半径は5.0mとし、インバートコンクリートもモデル化した。





