

充填硬化材の加圧注入圧を利用した既設トンネルの補強技術の開発 ～部分補強に関する解析的検討～

大成建設株式会社 正会員○高倉 克彦 正会員 竹中 計行
正会員 猪口 泰彦

1. はじめに

筆者らは、これまで既設トンネルの内面にゴムチューブを貼付け、その内側に補強リングを配置し、ゴムチューブ内にセメントミルクを加圧注入してゴムに圧縮応力を生じさせて、既設トンネルを外側（地盤側）へ押す圧力を作用させる既設トンネルの補強技術の、円形内面全体の補強に関する検討を行ってきた¹⁾。

しかし、道路トンネルや鉄道トンネルなどのようにインバートを有するトンネルでは、部分的な補強が必要とされている。そこで、本技術をトンネルの一部に効率的に適用する方法について解析的に検討し、これに基づく実験を行った。本編では、部分補強構造の設定に至った解析的検討の結果について述べる。

2. 部分補強対象

部分補強の対象としては、図-1に示すように縦方向への変形を生じた、もしくは将来的に縦方向への変形が懸念されるトンネルを想定した部分補強を施すことを考える。このような変形の原因は種々考えられるが、ここではトンネル頂部における内側引張の曲げモーメントに抵抗する部分補強を取り上げる。なお、トンネル頂部には補強部材を配置可能な空間が50cm程度存在する条件とする。このような空間を有する構造物としては、2車線の道路トンネルや複線の鉄道トンネルが挙げられる。

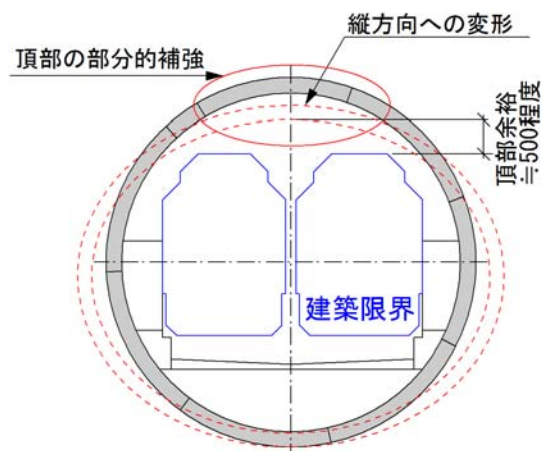


図-1 部分補強対象概要図

3. 補強部材の構造検討方法

補強構造の検討にあたっては、2次元フレーム解析によるものとし、円形トンネルの頂部に補強部材を配置するモデルとした。頂部付近の構造モデルを図-2に示す。なお、補強アーチと既設トンネル（セグメント）との接続部材は剛性の高い部材とした。

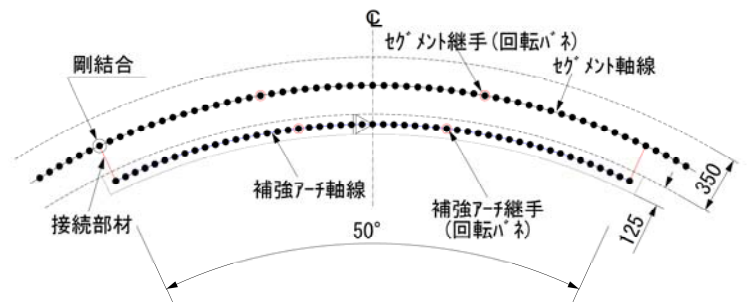


図-2 トンネル頂部構造モデル(TYPE-1)

図-3に示すように補強アーチとセグメント間に充填硬化材加圧注入による圧力を作用させることによって、既設トンネル頂部に外側引張の曲げモーメントが効率的に発生する補強部材の構造を模索した。

4. 補強部材の構造検討結果

図-2のモデル（TYPE-1）に加圧注入圧を作用させた場合（図-3参照）の頂部付近の曲げモーメント図を図-4に示す。TYPE-1では、補強の主旨に反する既設トンネルに内側引張の曲げモーメントが発生する。これは、補強アーチに発生する軸圧縮力の反力が接続部材を介して既設トンネルに内側引張の曲げモーメントを発生させているためと考えられる。

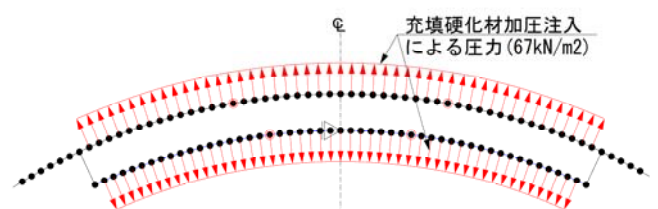


図-3 加圧注入圧設定状況

TYPE-2は、補強アーチ両端部を結ぶ弦材を配置し、補強アーチと既設トンネルの接合部にスライド結合お
キーワード 老朽化, トンネル, 部分補強, 充填硬化材, 加圧注入

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター土木技術開発部 TEL 045-814-7219

よびピン結合を設定している。図-6にTYPE-2のモデルに加圧注入圧を作用させた場合の曲げモーメント図を示すが、頂部において補強に有効な外側引張の曲げモーメントが発生している。

5. 部分補強の試算

図-7に示す検討条件において、地下水が10m低下する場合のTYPE-2による補強効果について試算する。

セグメントは、標準セグメントを参考にボルトボックスタイプの継手を有するものとした。補強アーチについては主桁高を125mm(図-8参照)とし、弦材は-125を補強アーチ両側に2本設置するものとした。加圧注入圧は頂部設計水压程度の100kN/m²(硬化後の残存圧力67kN/m²)とした。補強の範囲を図-2に示すように頂部から両側に25°ずつの50°区間としたが、このときの補強部材の高さ(補強アーチ頂部から弦材下端までの距離)は約45cmとなった。

図-9に設計荷重時から部分補強時までの曲げモーメント分布図を示す。設計荷重時から地下水位が10m低下することによって頂部の曲げモーメントが約2倍に増加しているが、部分補強を行うことによって、頂部の曲げモーメントは地下水位低下時から約25%低下している。

6. まとめ

充填硬化材の加圧注入圧を利用した既設トンネルの部分補強構造を解析的に設定することができた。本構造による補強セグメントの載荷実験については、別稿²⁾にて報告する。

参考文献

- 1) 斎賀ほか、「充填硬化材の加圧注入圧を利用した既設トンネルの補強技術の開発～補強技術の概要～」土木学会第69回年次学術講演会, VI-109, 2014. 9
- 2) 竹中ほか、「充填硬化材の加圧注入圧を利用した既設トンネルの補強技術の開発～部分補強に関する補強セグメント載荷実験～」土木学会第71回年次学術講演会, 2016. 9

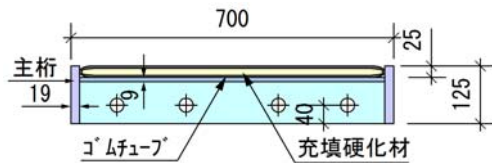


図-8 補強アーチ部概要(断面図)

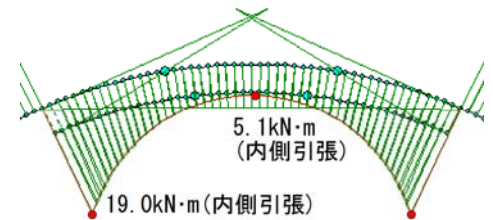


図-4 頂部曲げモーメント(TYPE-1)

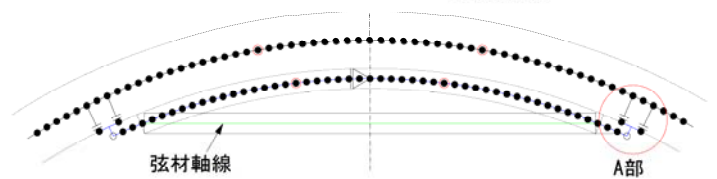
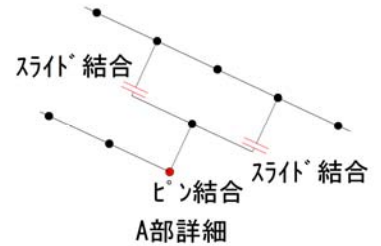


図-5 トンネル頂部構造モデル(TYPE-2)

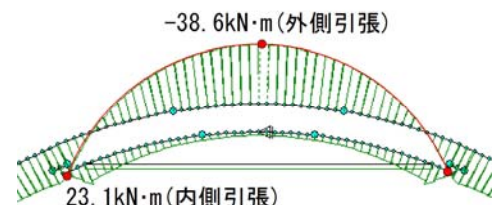


図-6 頂部曲げモーメント(TYPE-2)

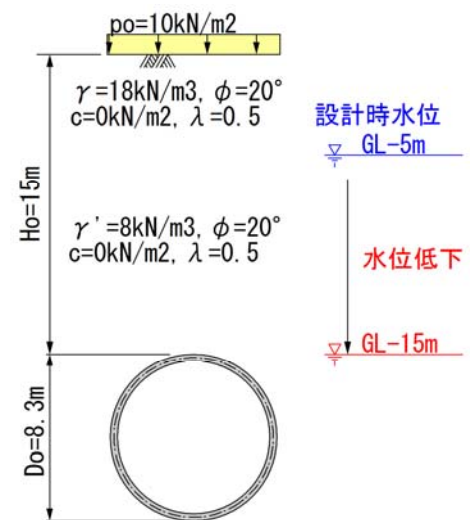


図-7 部分補強試算条件

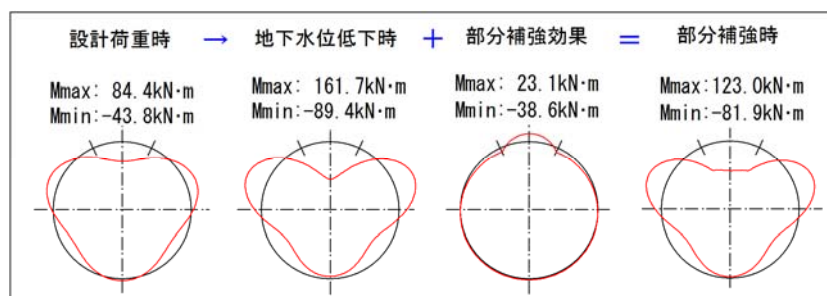


図-9 試算における曲げモーメント分布図