

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 ～

大成建設株式会社 正会員 齋賀 雄 正会員 森田 泰司
 大成建設株式会社 正会員 高倉 克彦
 一般財団法人エンジニアリング協会 正会員 竹東 正孝

1. はじめに

高度成長期以来構築されてきた建設物が、経年変化による老朽化あるいは建設当時との荷重条件の相違による耐荷力不足の問題に近い将来直面することは、想像に難くない。都市部の地下に建設されている地下鉄、下水道トンネル、共同溝トンネルについても、都市再開発による外荷重変化に伴う覆工コンクリートの変状といった事案が浮かび上がってきており、都市の再生の観点からも、トンネルの補強技術に対する需要が高まっているといえる。また、東日本大震災以降、耐震基準が見直されてきつつあり、今後、既設トンネルの耐震補強が必要とされてくるものと考えられる。このような状況に鑑み、既設トンネルの補強を目的とした技術の開発を行っており、本編ではこの補強技術の概要について報告する。

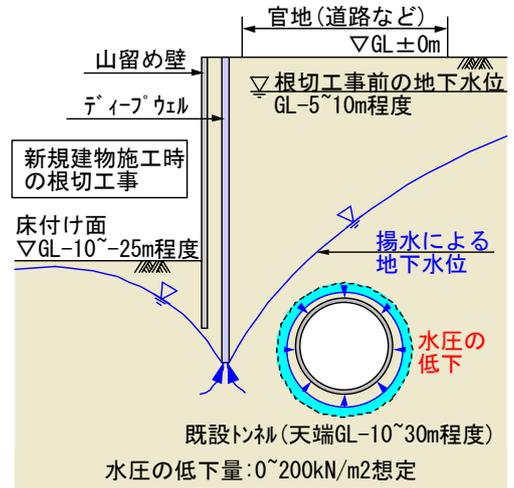


図-1 外荷重変化例

2. 補強方法の現状と課題

トンネルの補強対策としては、①覆工内面に補強壁を増設して既設覆工と荷重分担を行わせること、②剛性を有する軸力部材を十字状や放射状に組立ててジャッキによって軸力を与え、既設覆工を地山側に押して支保することで、既設覆工の断面力を低下させることなどが考えられる。

しかし、①の増設補強壁では、補強時点で既設覆工に発生している断面力を直ちに軽減できる方法ではない。これに対して②の支保部材では、軸力を導入することによって、発生している断面力を直ちに低減することが可能である。ただし、トンネル内空部に支保部材を存置する必要があるため、トンネルの供用に大きな支障となる可能性が高い。

表-1 一般的な補強方法

補強方法	補強壁	支保材
概要図		
問題点	即時的な補強にはならない	トンネル内空を大きく侵す

3. 補強技術の着眼点と補強方法の概要

構造力学上、半径 r の円筒形部材に法線方向から等分布荷重 p が作用すると、部材には周方向に圧縮力 $N(=p \times r)$ が発生する。円筒形部材をこの圧縮力に耐え得る仕様とすることで、等分布荷重に抵抗できる。この事項をトンネルの補強に利用することを考える。

図-2 に示すように、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する。ゴムチューブ内にセメントミルク

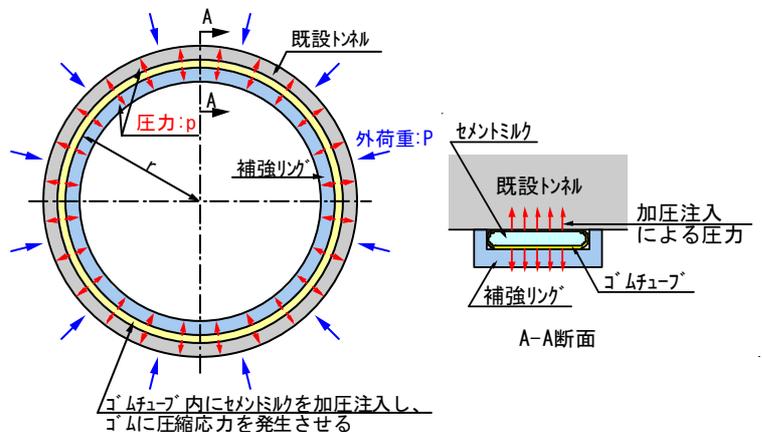


図-2 補強方法の概要

キーワード 老朽化, トンネル, 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 TEL045-814-7229

を加圧注入してゴムに圧縮応力を生じさせ、既設トンネルを外側(地盤側)へ押す圧力を作用させる。上記の反力は、補強リングが軸圧縮力として負担する。

図-3に主要な施工手順を示す。

補強区間に対して、施工時間・充填材加圧注入可能量などから1回の施工範囲を設定し、施工範囲毎に補強リングの組立・充填材加圧注入を繰り返す。

補強リングの組立に際しては、エレクター、フィーダーならびに門型クレーンの機能を持つ施工機械の使用を想定しているが、補強リングの仕様、施工条件によってはより簡易な施工方法を検討する。

4. 補強方法の特徴

補強方法の特徴を以下に列挙する。

- ①増設補強壁の効果とは異なり、補強実施時点で既設トンネルを外側へ押す力を与えることができる。
- ②支保部材のようなトンネル内空部に大きな支障となる部材を存置する必要はない。

③補強リングの仕様を上げておくこと

によって将来的な荷重増加に対して、補強リングが荷重分担できる。

5. 補強技術の成立性のポイント

補強技術の成立性のポイントを以下に列挙する。

- ①セメントミルクが液体から硬化体に変化する過程で、加圧注入圧が消失してしまわないこと。
- ②既設トンネルに悪影響を与えない加圧注入の仕様を明確にすること。これは補強リングを離散的に配置してセメントミルクの加圧注入を行うことから、セグメントのリング間継手に与える影響を考慮する必要があると共に、セグメント自体の軸圧縮力を低減させることから、引張鉄筋への影響を考慮する必要があるためである。

6. まとめ

既設トンネルの補強技術についての概要を述べたが、補強技術の成立性のポイントに関して、セメントミルクが液体から硬化体に変化する過程で、加圧注入圧が消失してしまわないことを確認する要素実験を行っている。これについては、次編にて報告する。

本研究は、公益財団法人JKAから機械工業振興資金の補助金を受けて、一般財団法人エンジニアリング協会 地下開発利用研究センターが、「平成25年度 老朽化トンネル補強技術の研究」として検討を進め、その成果をとりまとめたものであり、大成建設株式会社は地下開発利用研究センターから検討の一部を受託して行ったものです。なお、本研究を進めるにあたっては、調査研究委員会(委員長 公立大学法人 前橋工科大学 辻幸和学長)が編成され、貴重なご意見を頂きました。関係各位に心から謝意を表します。

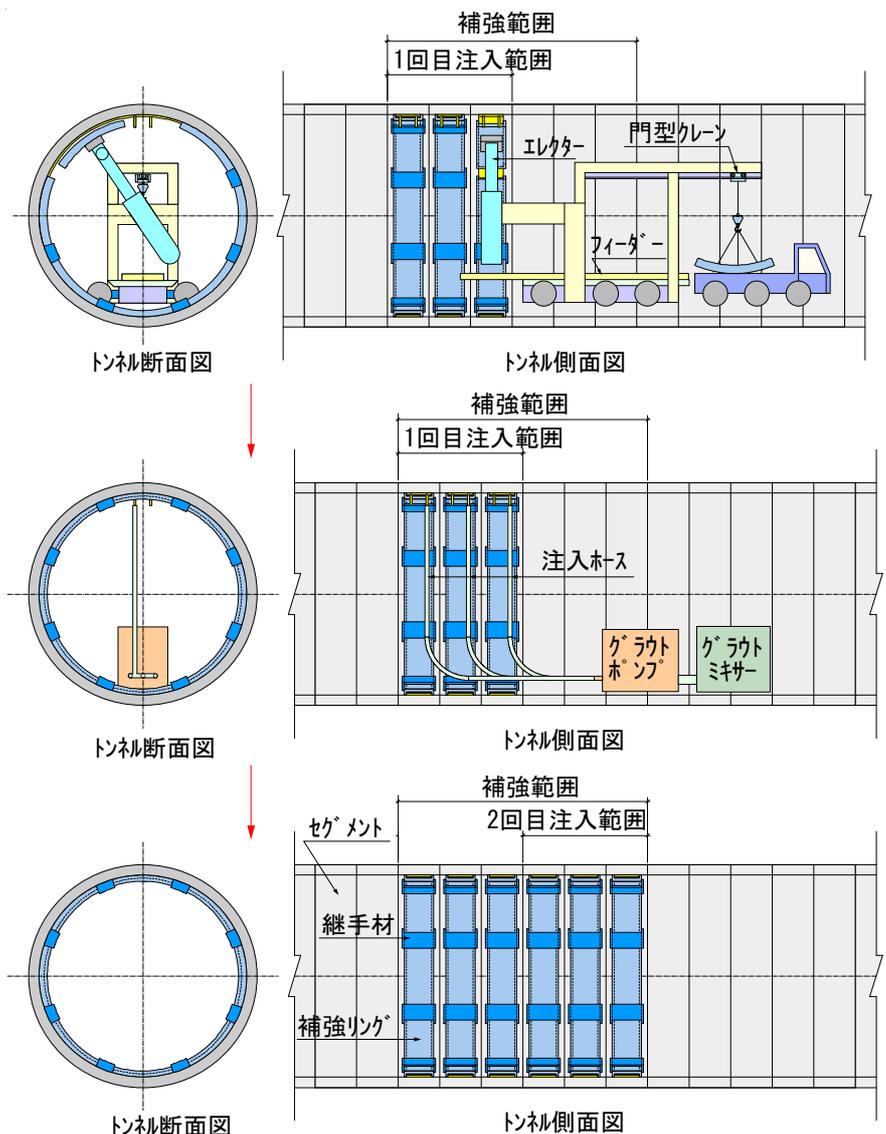


図-3 主要な施工手順例