

超速硬化ポリウレタン材料のトンネル補修工への適用

信州大学工学部 学生会員 ○杉浦翔太
 (株) ダイフレックス 吉田 悟
 信州大学工学部 正会員 小山 茂

(株) ダイフレックス 増田 健康
 (株) 小宮山土木 小宮山尚明
 信州大学工学部 正会員 大上 俊之

1. はじめに

近年、既存の土木構造物が老朽化により劣化し始め、トンネルや高架橋からコンクリート片の剥離・剥落事故が発生し、大きな問題となっている。老朽化する土木構造物の全てを再建するには膨大な費用と期間が必要であるため、既存の構造物に定期的な点検を行い、損傷が顕著になる前に補修・塗装等の予防保全を実施し、長寿命化させることが社会的ニーズとなっている。

現在、日本各地には小規模な素掘りトンネルが多く点在している。覆工トンネルでは覆工により強度が確保されているが、素掘りトンネルの場合、表面がむき出しのままになっているものが多いことから、地山の一部崩落や漏水などの問題を抱えている。また、内空断面が小さなものが多く、施工スペース上、適用可能な補強工法も限定されるという問題を有している。

一方、土木分野においても近年新しい材料を用いた工法が数多く見られるようになってきており、ウレタン系の材料はその防水性、軽量性の特徴から盛土工法や構造物の表面被覆に主に使用されている。

今回、素掘りの水路トンネルに対して、二液型ポリウレタン樹脂材を吹き付ける補修の試験施工を実施した。

ポリウレタン材料は、破断時の伸び率が大きく、硬化後は弾性挙動を示すため、地震時に懸念される地山の一部崩落の防止、劣化による吹付材料の剥落防止が期待できる。その他の特長として、材料搬入時には液体であるため輸送が容易で貯蔵スペースが小さくて済むこと、自立性、水密性、耐久性が良いこと¹⁾などが挙げられる。

本研究は、試験施工の状況を報告するとともに、その力学挙動について数値解析によって検討を行うものである。

2. 試験施工

2016年11月下旬、長野県南佐久郡北相木村の水路トンネルを対象にポリウレタン樹脂材の吹付による補修工を実施した。このトンネルは昭和初期に建設されたもので、現在は風化のため指で触れると容易に地山表面が崩れ落ちる状況となっている。補修を実施したトンネルの概略図を図1示す。入り口から30mの区間で覆工コンクリートによる断面補強がされており、補強が終了し素掘りへ変わる位置から4mの区間で試験施工を実施した。

ポリウレタン吹付のシステム概要を図2に示す。トンネル外で貯蔵している二液を送液ポンプで別々に送り出し、吹付直前に反応させ、小型の噴射器でスプレー上に吹き付けるシステムである。

ポリウレタン材料の材料試験結果を表1に示すが、伸び率が約400%と非常に大きいのが特徴である。

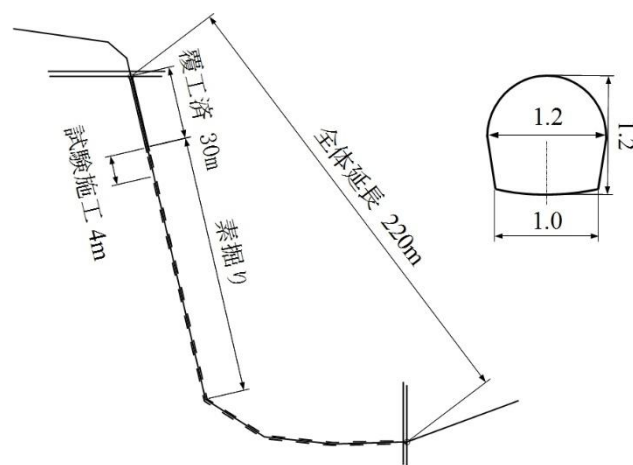


図1 トンネル概略図

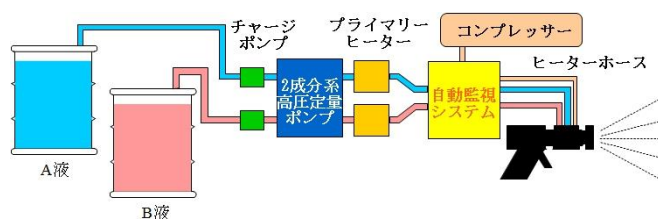


図2 システム概略図²⁾

表 1 材料試験結果

資料	膜厚 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)	弾性率 (MPa)
No.1	3.26	13.2	415	34.0
No.2	2.72	15.1	465	27.3
No.3	3.10	13.5	420	29.7
平均		13.9	433	30.3

作業初めにトンネル内部を高圧洗浄し、数日間養生して表面を乾燥させた後、プライマー処理、ポリウレタン吹付を実施した。施工に要した時間は、機械搬入・設置などの準備段階から撤収までの全工程で約 10 日間、吹付作業は吹付厚 3mm、施工区間 4m で約 2 時間程度である。

トンネル坑口を写真 1、吹付施工の実施前と実施後の壁面の比較を写真 2 に示す。写真 2 の左側が施工前、右側は施工後を示すが、吹付後は、だれ落ちることなく急速に硬化し、10~20 秒程度で指触可能となっている。また、吹付後 24 時間で所定強度の約 8 割程度、3 日程度で本来の強度を発揮する。

吹付作業状況を写真 3 に示すが、小型噴射器による吹付作業であるためトンネル内空幅 1.2m と狭いスペースでも施工可能である。



写真 1 トンネル坑口



写真 2 施工前後の壁面



写真 3 吹付作業

3. 解析モデル

吹付を実施しない場合と吹付厚 3mm で吹付を実施した場合について解析を行い、比較検討する。また、厚さを変化させることによる変形・応力状態の変化を、汎用 FEM 解析ツール ANSYS³⁾ を用いた数値解析により検討する。対称性より、解析は右半分のみについて行い、平面ひずみとして実施することとする。解析モデルのメッシュ図を図 3 に示す。

試験施工後の経過ならびに解析結果の詳細については、当日発表する予定である。

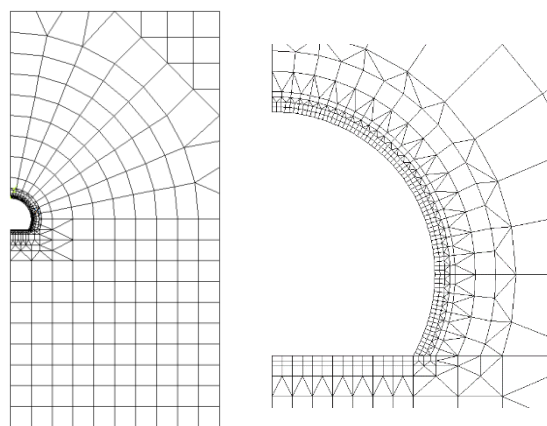


図 3 解析モデル

参考文献

- 1) 一般財団法人土木研究センター：SQS 防水材，2015.
- 2) SQS 工法協会：<http://www.sqs-me.com/about/>
- 3) CAD/CAE 研究会：有限要素法解析ソフト ANSYS 工学解析入門，理工学社，2001.