

変状トンネル補強用ロックボルトと帯鋼板を用いた背面空洞充填工事

鹿島建設(株)フェロー会員 ○山本 拓治, 青森県道路公社 三上 恵津子, (株)大坂組 佐藤 鐘光
(株)ケー・エフ・シー 橋本 泰男, (株)福山コンサルタント 佐藤 貴志

1. はじめに

矢板工法により施工されたトンネルは、覆工背面と地山との間で空洞が残りやすく、そのようなトンネルではしばしば変状が発生している。そのため、変状対策として覆工背面への注入（裏込め注入）とひび割れ補修が実施されている。変状の規模が大きい場合には、注入中に覆工が落下する懸念もあるため、内巻き工法やロックボルト等の補強を事前に行い裏込め注入する必要がある。内巻き工法は耐力の大きな補強工法であるが、活線下での施工では費用や工期の面で課題がある。ロックボルト補強に関しても、活線下で実施するには、施工効率やモルタル硬化前の開通によるボルトの落下の懸念等の課題があった。

また、裏込め注入を管理する上での課題は、空隙を残さないことである。さらに、ひび割れが多数発生している覆工や巻厚不足の覆工においては、覆工に過大な注入圧力や自重が作用しないよう管理することが求められる。従来の充填管理方法は、隣接する注入管からのリークや注入圧力の上昇により、注入完了とされることが多かった。しかし、このような管理方法では、空隙を残す可能性が高く、より確実な方法が求められてきた。近年、コンクリートの充填管理に、振動や電気伝導度の変化を検知する装置の適用が増加しているが、センサー、計測システムとも高価であり、多点での計測管理は困難であった。

そのため、筆者らは変状トンネル補強専用のロックボルトと帯鋼板を用いた補強工法を開発した。また、安価で多点計測可能なプラスチック製光ファイバーによる充填検知システムも開発した。本論文では、これらを適用した工事について報告する。

2. 点検、調査概要

本技術を適用したトンネルは、矢板工法で施工され、1979年に竣工した道路トンネルである。本工事の対象区間は、非常駐車帯であり裏込め注入が実施されていないCの岩質区分に対応するH-250@0.9mのパターンで施工されていた。覆工の設計巻厚は70cmである。本トンネルでは竣工後、不定期な点検や漏水対策等が行われていたが、2014年には、天井板撤去工事と定期点検要領に基づく再点検と、その結果を受けた調査が実施された。図-1は、今回対策を行った区間での変状展開図と空洞調査結果である。ひび割れ幅は1mm程度であるが、縦断方向に連続して発生しており、巻厚も一部不足（図-1の斜線部）しているうえに背面空洞も存在し、有効巻厚の減少と突発性崩壊の可能性を考慮した判定区分は、Ⅲから一部Ⅳの区分に判定されたため、補強工事を行うこととなった。

3. 補強工事

補強工法の選定にあたっては、片側夜間施工であることを考慮し、繊維シートなどの内面補強工と吹付けなどの内巻き補強工および打ち替え工法を比較検討した結果、いずれの工法も課題があったので、内面補強工と内巻き補強工の中間程度の耐力がある帯鋼板をロックボルトにより固定し、裏込め注入を行う工法が最も合理的かつ有効であると判断した。有効巻厚が設計巻厚の2/3以下の箇所は、6mmの鋼板を埋設型枠とし周辺をロックボルトで固定

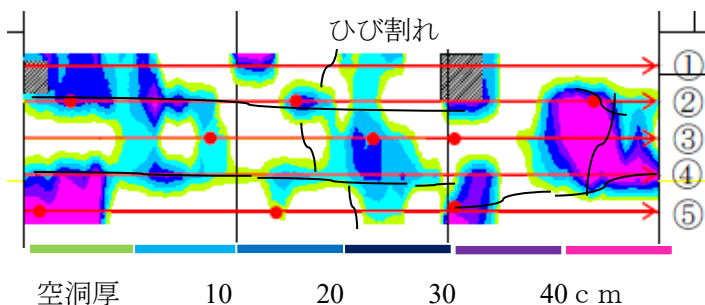


図-1 変状展開図と空洞分布状況

キーワード トンネル, リニューアル, 維持補修, 空洞充填, 矢板工法

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設技術研究所 TEL 042-489-6569

し、無収縮モルタルを充填した。矢板背面の空洞は、施工性と自重を考慮して 12 倍発砲のウレタンを注入した。図-2 に示すように、帯鋼板は長さ 2.2m、幅 0.4m、厚さ 4.5 mm の防触メッキ鋼板を支保工間隔と同様に 0.9m 間隔で設置し、断面方向に 20 cm ラップさせて 4m のロックボルトを 2m 間隔で設置した。

本工法は、軽量の帯鋼板を現場で連結しながらロックボルトで固定し、鋼材の剛性とロックボルトの地山改良効果、岩塊及び覆工吊下げ効果で覆工を補強する工法であり、内巻き工法に比べ施工性が良く全面を覆わないため目視での変状観察も可能である。ロックボルトは、活線での施工を考慮し、変状トンネル補強専用開発した鋼管膨張ボルトを使用した。活線下のロックボルト補強工事では、施工時間の制約があるため従来のモルタル充填方式では、モルタルやポンプの清掃作業、モルタル硬化までに開通させることによる抜け落ちに関する懸念など施工上の課題があった。開発したボルトは、モルタルを使用しない摩擦式鋼管膨張ボルトであり、新設トンネル工事で使用されている摩擦式鋼管膨張ボルトに、口元部も含めた高耐食メッキを施し、ナットによる締付け機構とひび割れの多い覆工に鋼管膨張による圧力を作用させない保護パイプを付けている。そのため、腐食によるナットなどの落下やロックボルト鋼材の腐食による補強効果低減を抑制しトンネルの長寿命化に貢献できる。また、モルタルを使用しないため、施工サイクルの向上や早期強度発現による早期通行開放も可能である。写真-1 に帯鋼板の設置状況を示し、写真-2 に帯鋼板のラップ部とボルト頭部の状況を示す。

4. 充填検知システム¹⁾

写真-3 に注入状況を示す。緑のホースが注入ホースであり、その横に巻かれているのが光ファイバーである。本工事で使用した光ファイバーは、高速大量通信回線や計測で用いられるガラスファイバー製の光ファイバーではなく、安価で曲げに強い径 2 mm のプラスチック製光ファイバーであり、先端で表示される光の強度と色のみを利用している。本システムは、光源、光を送信するファイバー、光を受信するファイバー、受信ファイバー先端部の光の色と強度を表示および記録するパソコンで構成される(写真-4)。写真-3 に示すように注入用の塩ビ管に光ファイバーを貼り付け空洞の先端まで塩ビ管を挿入し、先端まで注入材が充填された時点で、色と光の強度が変化することにより確実な充填状況を確認できる。

5. おわりに

新たに開発した帯鋼板と補強工事用鋼管膨張ボルトを用いた覆工補強工法と空洞充填工事における新しい充填管理方法を適用した工事の事例を紹介した。今後の工事に参考になれば幸いである。

参考文献

1) 山本拓治, 伊達健介, 小泉悠, 井本厚, 道上剛幸, 芥川真一, 西尾彰宣: プラスチック製光ファイバーによるトンネル覆工背面空洞の充填検知システム, 平成 27 年土木学会第 70 回年次学術講演会, VI-323

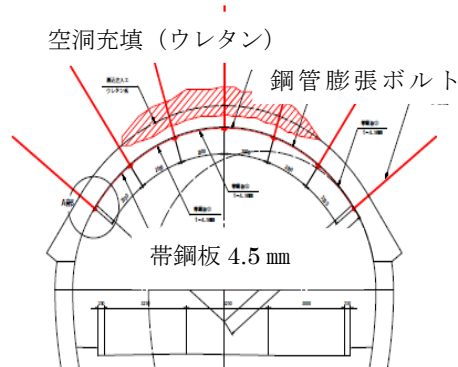


図-2 補強断面図



写真-1 帯鋼板の設置状況



写真-2 ボルト頭部の詳細



写真-3 注入管および光ファイバー



写真-4 充填検知システム