山岳トンネルにおける漏水対策の選定方法に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社　高崎土木技術センター　正会員　○今井　文彦
正会員　久保原　猛
正会員　北川　一希
太田　雅人

1. はじめに

当社においてトンネル内での漏水・湧水は，レールの軌道材料の劣化，トンネル内諸設備の劣化など，トンネルの機能を低下させる原因となっている．さらには，電気設備などに滴水することにより列車の運転保安を直接脅かす可能性となる．

トンネルにおける漏水対策を考えたときに，当社では導水工法と止水工法の選定が一般的になっている．導水工法と止水工法のどちらを選定するかは，山岳トンネルと都市トンネルに分けて考える必要がある．山岳トンネルについては，漏水をトンネル内に流入させる排水型トンネルであるため，導水工法の採用がほとんどである．都市トンネルについては，トンネル内に漏水を流入させない防水型で施工されているので，防水機能確保のために止水工法を採用するのが望ましいと考えられるが，別の箇所から漏水する可能性も多く，導水工法による排水も採用されている．

2. 目的

高崎支社管内における漏水対策は，山岳トンネルであることから導水工法を主に採用している．しかし，電気設備周辺からの漏水や現場条件により導水工法が適さない漏水箇所も存在する．基本的に山岳トンネルは排水が前提なので完全止水についてはほとんど考えていないが，鉄道特有の制約条件を踏まえ，止水したい箇所のみ止水工法を適用することを目的とし、止水工法による対策を検討した．検討の際に採用した止水材料及び，今後の漏水対策時の選定方法についてとりまとめたので報告する．

3. 漏水対策工法の分類と選定

当社では図-1 のように漏水対策を分類している．上記でも述べたが，導水工法と止水工法のどちらを選定するかは，漏水状態，漏水量の他，トンネルの構造，覆工の状態によって山岳トンネルと都市トンネルに分けて整理，選定される．

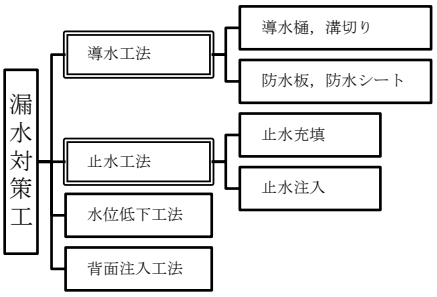


図-1　漏水対策の分類

4. 止水工法の検討と施工による効果確認

導水工法が適さない漏水箇所を中心に，止水工法（止水注入）を選定すべく，止水注入材料の検討を行い，施工を実施した．

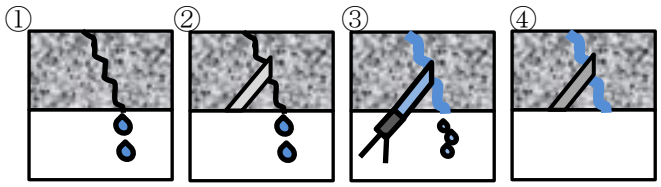
4.1 止水工法の材料検討

止水注入は，「トンネル補修・補強マニュアル，H19.1，鉄道総研」に記載されている止水工法の 1 つである．止水注入は，一般に高圧による注入方式であり，注入材は無機系，有機系(ウレタン系樹脂，アクリル系樹脂)に大別される．なお，エポキシ系樹脂は止水を目的とする注入材にはほとんど用いられない．新幹線トンネルでの使用を見据え，施工後の注入材の劣化が少なく，現在のところ，最も信頼性のあるアクリル系樹脂を用いて施工を実施した．

図-2 に止水注入の施工手順を示す．

キーワード　山岳トンネル、導水工法、止水工法
連絡先　〒370-0052　群馬県高崎市旭町 190 番地　TEL：027-324-6594　FAX：027-323-4500

© Japan Society of Civil Engineers



①トンネル覆工面のひび割れ等の漏水発生箇所を特定
②漏水発生箇所と交差するよう約 45° 方向に削孔
③注入用ノズルにて止水材料を高圧注入
④削孔箇所に急結セメントを充填して完了

図-2　止水工法施工手順

4.2　施工事例　新幹線トンネル漏水箇所

列車運行上，影響の大きい新幹線トンネルにおいて，電気設備付近からの漏水箇所で施工を実施した．新幹線トンネルでは作業時間の制約があり，短時間での施工が求められた．漏水部の変状及び施工内容を表-1 に示す．

変状内容：電気設備付近からのひび割れより漏水
漏水量：滴水程度
ひび割れ幅・長さ：　1 ㎜・1.5m
施工時間：約 1 時間　削孔箇所 3 箇所
注入材：アクリル系二成分合成樹脂
注入量・ゲルタイム：20L・30 秒

表-1　漏水部の変状および施工内容

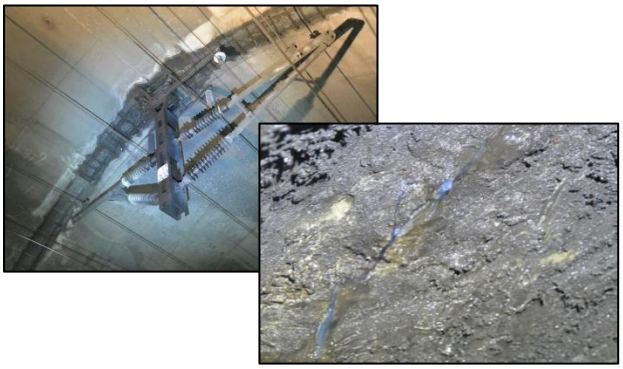


写真-1(上)　トンネル内電気設備
写真-2(下)　止水注入後のクラック

施工は，準備後片付けを除き約 1 時間で完了した．止水注入後，漏水箇所が止水され、滴水が改善された．漏水箇所の止水後は，既存の導水樋から流水が確認でき，止水注入による効果が確認できた．今回の施工により電気設備周辺及び施工時間が短い新幹線トンネルでの適用が十分可能であると考えられる．

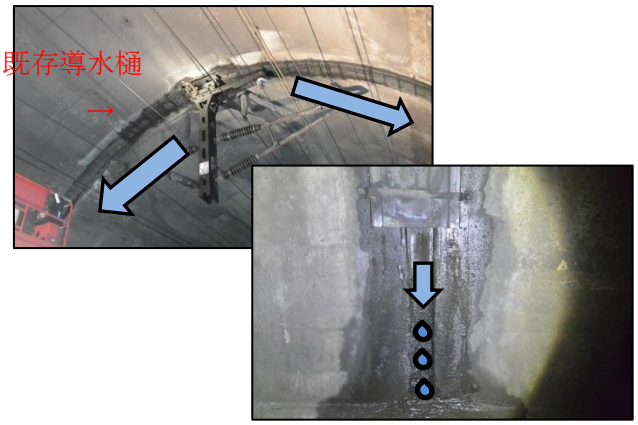


写真-3　止水後の流水状況

5.　今後の漏水対策工法の選定

施工の結果，止水注入の効果が確認できたため，今後の漏水対策工法を選定する際の 1 つとして採用することとした．これまでの導水工法に加え，現場条件から適用困難箇所については，止水注入を選定するフロー（案）を作成した（**図-3**）．

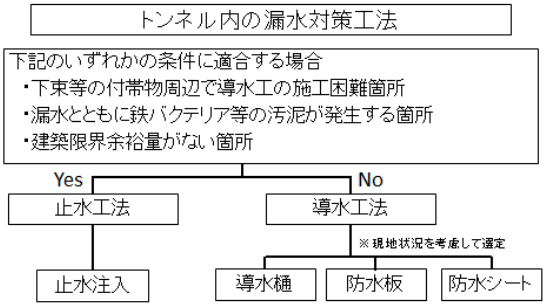


図-3　漏水対策工法選定フロー

6.　おわりに

本稿では漏水対策工法の選定について，主に山岳トンネルで採用されている導水工法以外の工法（止水工法）の検討と効果の確認を行った．止水工法を適用することにより，短時間での施工が可能であり，電気設備付近での施工が可能であることが確認でき，今回使用した注入材の止水効果自体も一定の効果が確認できた．しかし，止水によって覆工に過大な水圧が作用する可能性や覆工背面空洞の存在により，充填の実施が必要になる場合も考えられる．

今後は，今回対策を実施した箇所の経過観察を行っていくのと併せて，漏水箇所の条件と覆工状況に応じて対策工法を選定し，適切な維持管理対策を実施していきたいと考える．

【参考文献】

1）(公財)鉄道総合技術研究所：
トンネル補修・補強マニュアル，H19.1

© Japan Society of Civil Engineers