

トンネル工法の違いによる変状の特徴と点検時の留意点

応用地質株式会社 ○渡邊 嘉之
服部 康浩
伊東 博司

1. はじめに

平成24年に発生した中央自動車道の笹子トンネル天井板落下事故以降、トンネルを含めた道路施設の維持管理の重要性が叫ばれている。全国には1万本近くの道路トンネルが存在しており、点検・補修等の維持管理を国や各自治体により実施されているが、行き届いた管理ができていないのが現状である。様々なトンネルを点検していると、トンネル工法の違いによって変状の特徴が異なり、点検時において留意すべき点が多くなってきたので紹介する。

2. トンネル工法

山岳トンネルの工法は昭和60年代を境に大きく変化する。昭和60年代以前は、矢板工法（在来工法）が主流であった。本工法は、矢板を掘削面にあてがい、支保工により支え、これらをコンクリートで巻きだてて「土圧を覆工で支持する」工法である。一方、昭和60年代以降は、NATM（New Austrian Tunneling Method）が主流となった。本工法は、掘削後直ちにコンクリートを吹付け、支保工、ロックボルトを併用して「地山の保持力を利用してトンネルを保持する」工法であり、掘削に伴う変形が収束した後、覆工を施す。

トンネル工法毎のトンネル模式図を図-1に示す。

一般に、覆工コンクリートの継目には、横断方向の目地及び縦断方向の打ち継目がある。覆工は一定の長さの型枠を組立て、コンクリート打設、型枠解体を繰り返して構築されるため、全てのトンネルには横断方向目地がある。NATM以前の矢板工法で採用された上部半断面先進工法、側壁導坑先進工法など横断的に分割構築する場合は、縦断方向の打ち継目ができる。一方、NATMは覆工コンクリートの打設を全断面で行うことが多く、この場合は縦断方向の打ち継目はできない。

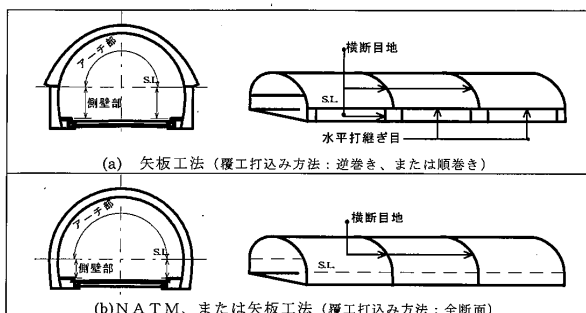


図-1 トンネル工法毎の模式図¹⁾

3. トンネルの変状の特徴

(1) 矢板工法

矢板工法によって施工されたトンネルの横断目地部や水平打ち継目部では、温度伸縮などにより応力が集中し、ひび割れやはく落が発生することがある。また、縦断方向の打ち継目部に化粧モルタルを施工したトンネルが多いが、覆工コンクリートとは強度・変形特性が異なることから、うきやはく離が発生しやすい。

一般的に矢板工法のトンネルは、防水機能を有していないトンネルが多く、地山に地下水が存在する場合、ひび割れや目地部からの漏水が発生することが多い。

矢板工法のトンネルは、覆工コンクリートの打設方法により、覆工背面に空洞やコールドジョイントが形成されやすい(図-2)。これらは覆工アーチ部の天端付近に見られるものが多い。こうした空洞が広く厚く存在すると、(ア)土圧が均等に覆工に作用せず覆工の変形を招く、(イ)周辺地山の緩みが増大し土圧が増す、(ウ)地震時等に上部の岩塊が落下し、場合によっては突発性崩壊事故が発生する、といった問題が起きる場合がある。

矢板工法は「土圧を覆工で支持する」という設計思想であり、地山の変形が収まらない中で打ち込まれた覆工コンクリートが硬化中に変形を受けるため、覆工には外力性のひび割れが生じやすい特徴がある。

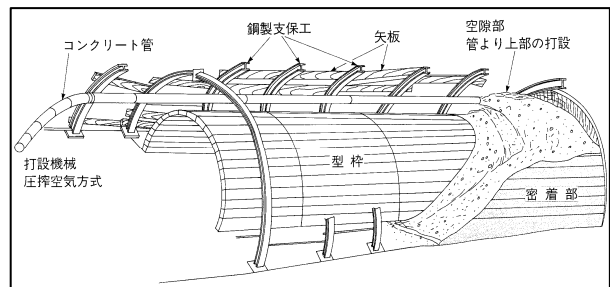


図-2 矢板工法における覆工コンクリートの打設例²⁾

以上のことから、矢板工法のトンネルにおいて発生しやすい変状としては、横断目地部のうき、豆板、縦断打ち継目部の化粧モルタルのうき、空洞、外力性のひび割れ、漏水があげられる。

(2) NATM

NATMにより施工されたトンネルは、原則として吹付けやロックボルト等の支保工により地山を補強・安定化を図った後、コンクリートによって覆工を施工するため、目地を跨ぐような外力性のひび割れは生じにくい。天端

付近の縦断方向のひび割れや側壁付近の横断方向のひび割れは乾燥収縮に起因するものが多い。NATM トンネルでは横断目地付近に半月状のひび割れが発生することが多い。これは、十分硬化する以前に次のスパンの覆工打設のため、型枠を強く押し当て破損させている場合がある。

NATM トンネルは矢板工法のトンネルと異なり、構造上空洞ができていく。稀に空洞が確認されるトンネルもあるが、それらは、二次覆工打設時の打ち込み不足が原因であると考えられる。

また、NATM トンネルにおいては、一次覆工（吹付け）の後に防水シートが全周施工され二次覆工（無筋コンクリート）が施されている。そのため、漏水はあまり見られず、漏水箇所においては防水シートの破損が想定される。

NATM トンネルにおいても横断目地部は矢板工法のトンネル同様に覆工コンクリートを打設するうえでの弱点であり、温度収縮により目地部と目地部が接触することやコンクリートの締固め不足や充填不足等によって、うきやはく離、豆板が発生しやすい（図-3）。また、補修したモルタルや化粧モルタル等は覆工コンクリートとは強度・変形特性が異なるためうき、はく離しやすい。

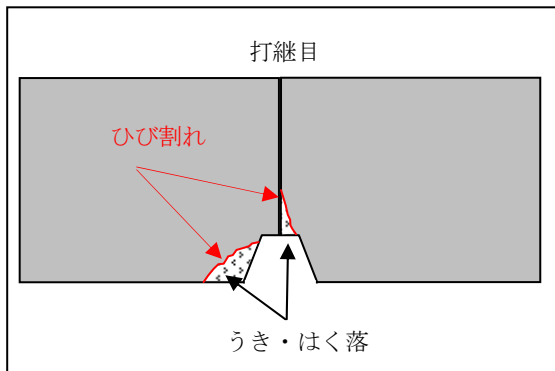


図-3 打継目部における変状発生イメージ断面

以上のことから、NATM トンネルでは、横断目地部のうき、豆板、補修材のうきが発生しやすい。

(3)まとめ

施工方法の違いによる変状の特徴を表-1に示す。このように矢板工法と NATM とでは施工方法の違いにより変状の特徴が異なる。ただし、両工法のトンネルとも、打継目部となる目地部では、温度収縮によってひび割れが発生し、それに伴ううきやはく離が発生しやすい。

表-1 施工方法の違いによる変状の特徴

施工法	施工法の主な特徴	変状の主な特徴
矢板工法 (木製矢板)	・人力施工 ・覆工の分割施工	・防水が不完全 ・覆工材料が不均質
矢板工法 (鋼製矢板)	・機械施工 ・引抜き管方式の覆工打設 ・覆工の分割施工	・防水が不完全 ・覆工背面の空洞 ・設計巻厚不足
NATM	・地山変位収束後に覆工を一括打設 ・覆工背面全周に防水シート施工	・横断目地部の打ち込み不良

4. トンネル点検時の留意点

前述したように、施工方法の違いにより変状の特徴が異なる。そのため、点検時に施工方法を念頭においた上で、変状発生機構や補修方法を想定しながら点検を実施することが重要である。変状種類が同じであっても、矢板工法と NATM とでは変状発生機構が異なることがある。

また、NATM トンネルでは覆工に外力は作用されないように作られているため、外力に起因する変状には迅速な対応が求められる。

さらに、横断目地部から目視確認可能なものや点検時の打音検査で発見される空洞は稀である。近接目視や打音検査時のわずかな隙間を入念に観察するとともに、別途、レーダ調査や削孔調査が必要である。

5. おわりに

全国に1万本近くの道路トンネルが現存しているが、これらを安全かつ効率的に維持管理していくためには、適確で効率良い点検が重要である。

トンネルは施工方法の違いによって変状の種類や特徴、発生機構が異なり、それに伴い対策方法も異なってくる。これらの変状について、施工方法と変状の特徴を念頭においた点検を行うことで、点検作業の効率化と点検精度の向上、以降の詳細調査・補修設計・工事を適確かつ効率よく実施することが可能となる。また、点検結果や補修履歴をデータベース化することで、今後の維持管理計画に有効活用できる。

《引用・参考文献》

- 1) 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ (トンネルチーム):変状対策工マニュアル(案) 1. 総編, p.6, 2003.2.
- 2) (社)土木学会:トンネルライブラリー12 山岳トンネル覆工の現状と対策, p.69, 2002.9