

道路トンネルの変状調査と 対策工検討事例

応用地質(株)

河嶋 智・松本 利孝・奥井 裕三

1. はじめに

戦後の高度成長期に飛躍的に建設された土木構造物は、数十年を経た現在、その老朽化に伴う補修・改築等が増加している。トンネルにおいても平成11年のJ Rの覆工はく落事故をきっかけに、世間一般に広く維持管理の重要性が認識されるようになった。

本稿は、昭和47～51年度に在来工法で施工された、延長206m、最大土被り約40mの道路トンネルにおける変状調査と対策工検討事例を紹介するものである。

変状調査から対策工設計までの流れを図-1に示す。

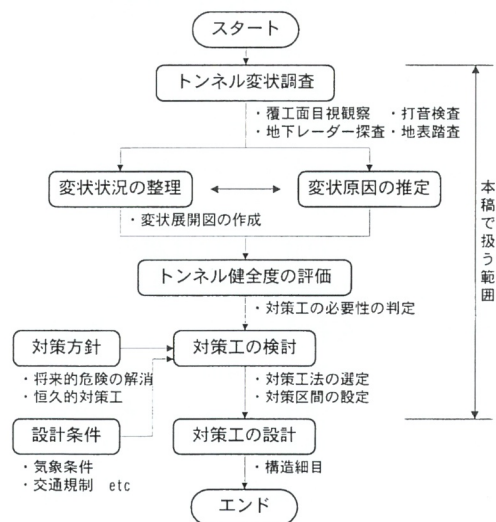


図-1. トンネルの変状調査と対策工検討の流れ

2. 調査内容

調査はまず、トンネル全体を対象に目視観察を行い、覆工面のひび割れ、漏水、はく離等の状況を収集し、同時にハンマーによる打音検査を行い、浮き、空洞等の有無を確認した。

あわせて、地下レーダー探査による覆工厚と空洞厚の推定調査、湧水箇所の確認のための地表踏査を行った。

3. 変状状況と健全度評価

本トンネルでみられた変状は、ひび割れ、浮き・はく離、漏水、覆工背面の空洞・覆工の巻厚不足であり、それぞれの変状状況に対して健全度を判定した。

健全度の評価は、「道路トンネル維持管理便覧」¹⁾に準拠して、対策の緊急性の優先度に応じて3A、2A、A、Bと示した。その判定区分は表-1のとおりである。

表-1. 判定区分の内容¹⁾

判定区分	判定の内容
3A	変状がひどく、通行者・通行車両に対して危険があるため、直ちになんらかの対策を必要とするもの。
2A	変状があり、それらが進行して、早晚、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの。
A	変状があり、将来、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの。
B	変状はないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが、監視を必要とするもの。

ひび割れは、部分的に開口幅5mm程度のもが見られたが、全体的には0.1～0.5mm程度の軽微なものであった。なお、進行性については確認するにはいかなかった。健全度の評価は、開口幅5mm程度の箇所を2Aとし、その他はA～Bと判定した。

浮き・はく離箇所はトンネル全体で24箇所確認され、大きさは表面積で0.1～1.0m²であり、その発生箇所は全て打継ぎ目沿いであった。健全度は、落下の恐れがあるため、アーチ部のもの3A、側壁部のもの2Aと判定した。

漏水は今回の目視点検においては確認されなかった。しかし、降雨時になると漏水がみられ、過去に噴出規模の漏水となり通行止めになった履歴があることから、健全度は、噴出推定箇所を3Aとし、他をBとした。

巻厚不足および背面空洞については、地下レーダー探査の結果より、最大空洞

厚50cm、最小覆工厚12cmであった。また、覆工巻厚の薄いところほど空洞が大きい傾向がみられた。健全度の評価は、覆工厚のみで判断し、覆工厚30cm（設計巻厚×2/3）以下をAとし、22.5cm（設計巻厚×1/2）未満を2Aとした。

4. 変状原因の推定

ひび割れの発生は、経年劣化と緩み土圧の作用が主たる要因と想定されるが、覆工の巻厚不足および覆工背面の空洞の存在が認められることから、背面地山の抜け落ちによる覆工への衝撃等も一要因と考えられた。

浮き・はく離の発生原因は、経年劣化によるものと考えられる。また、打継ぎ目は水みちとなり易く、冬期の凍害が浮き・はく離を助長させたことも想定される。

漏水については、降雨時に顕著な漏水が見られることから、地下水を保持しない透水性の高い地山状態であることが考えられる。また、在来工法による施工のため、防水処理はNATM工法に比べて十分ではないことも一因であろう。

空洞については、特に土砂流出等が見られていないことから、施工当初からもと存在していたものと推定した。

5. 対策工の検討

(1) 対策方針

対策工は、健全度2A以上を対象とするのが一般的であるが、将来的に対策が必要となるであろう個所についても実施の対象とした。また、対策工は恒久的な工法を検討した。

(2) 対策工法の選定

ひび割れに対する対策工として、覆工にかかる土圧を均等に伝達させるために

裏込め注入工を採用することとした。またこれにより、覆工背面の土塊の落下による突発性崩壊の防止対策となる。注入材料には発砲ウレタンとエアモルタルとの比較検討を行った結果、エアモルタルを採用した。

浮き、はく離部は、はつり落とし工を実施し、欠損部を断面修復工により復元することとした。断面修復工の工法としては、規模の小さいもの（0.2m³程度以下）は左官工法とし、大きいものはプレパクトド工法を採用した。

漏水対策としては、ひび割れからの軽微な漏水はひび割れ注入工によって防止することとし、降雨時の噴出規模の漏水対策としては、側壁に排水ボーリング工を施すことにより、一時的に上昇した地下水をすみやかに排水し、トンネル天端からの漏水を軽減する対策をとった。

覆工の巻厚不足に対する覆工補強対策としては、材料自体の劣化は認められなかったこと、内空余裕がないことなどから、内面補強工を行うこととした。内面補強工の工法としては、繊維シート接着工・銅板接着工・強化モルタル塗布工の比較検討の結果、繊維シート接着工とし、中でも実績の多い炭素繊維シートを採用した。

対策工の標準断面を図-2に示す。

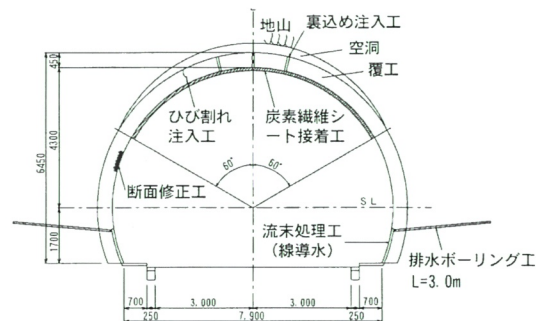


図-2. 対策工の標準断面図

(3) 対策区間の設定

裏込め注入工は、背面空洞の規模は場所によって異なるが、連続的にトンネル全線に渡ってその存在が推定されたことから、トンネル全線を対象とした。

排水ボーリング工は、裏込め注入工によって水みちが変化する可能性があることからトンネル全線を対象とした。ボーリング長さは推定されるゆるみ領域より3mとし、配置本数は覆工打設1スパン(6m)につき左右1本ずつとした。

炭素繊維シート接着工は、健全度2Aのスパンに加え、推定される空洞厚が構造計算による許容裏込め高さを超える場合に適用することとした。

(構造計算は、裏込め材を死荷重として覆工に作用させたときの覆工に生じる引張応力を求め、これが許容応力度となるとき裏込め材の高さを許容裏込め高さとする。例えば、覆工巻厚が25cmのとき健全度はAであるが、空洞高さが40cmあった場合、許容裏込め高さを超えてしまうため対策範囲となる。)

なお、対策範囲は補強効果と施工性を考慮して覆工打設スパンを基本単位とした。

6. 反省点

覆工厚・空洞厚の推定は地下レーダーの結果のみによって行ったが、覆工のくり抜き等を行って直接的な確認をすれば、より正確な情報が得られ、かつ、地下レーダーの精度もある程度確認できたであろう。むやみに穴をあけることは、断面欠損、新たな水みちの形成といった点で不利となるが、いずれ裏込め注入工の施工時に覆工に穴を開けることを考えれば、調査の段階で開けてしまっても特に問題にはならなかったと考える。

7. あとがき

トンネルの維持補修に関しては、現在、道路トンネル維持管理便覧を主として活用しているところであるが、最近では、各機関から新たなマニュアル類が刊行され、維持補修に対する考え方や、対策工の内容について整備されつつある。当該業務の遂行に当たっては、これらのマニュアル類を積極的に参考としたり、新しい工法や材料等の情報収集に努め、トンネルの多種多様な状況に対し適切な判断をする必要がある。

《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧、1993.11

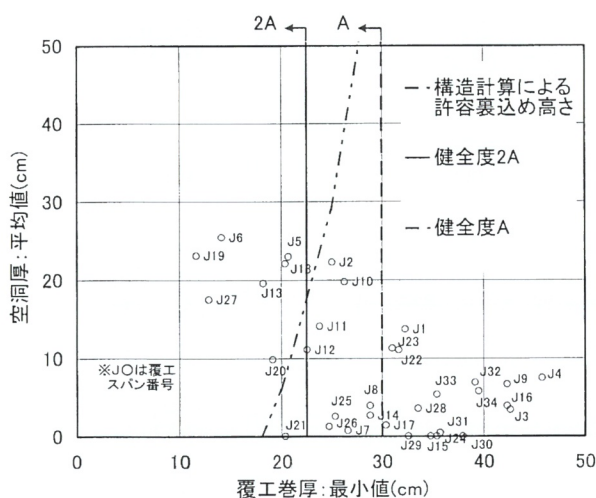


図-3. 空洞厚高さと覆工巻厚の関係