

V-36 突発性崩壊要因を有する既設トンネル覆工の対策工について

(株)芙蓉調査設計事務所 正会員 松坂 禎 浩

山田 辰 巳

○ 小 倉 和 壽

1. はじめに

当事例は、平成 11 年に一斉に行われたトンネル点検において、既設覆工の劣化・漏水・クラック等の変状がみられ、現道交通の安全確保のために対策工の検討を行ったものである。本トンネルは昭和 44 年に竣工して以来 31 年が経過している。覆工コンクリートの背面空洞、覆工厚、強度試験等の調査を基に、変状原因を推定し、主要因である突発性崩壊に対する対策工法について検討した事例について報告する。

2. トンネル変状状況（1次調査）

目視及び打音による調査を行った。目視調査では、全体的にアーチ天端にトンネル軸方向の幅 0.1~1.0mm、長さ 2.0m 程度のひび割れが確認された。打音調査によって全体的に空洞が存在していることが予想されたが、打音調査のみでは覆工背面の空洞範囲、状況を完全に把握することは困難であったため、2次調査として詳細調査を行った。

3. トンネル詳細調査（2次調査）

電磁波を利用した地中探査レーダー（JEJ-51E）により、覆工コンクリート厚と覆工コンクリート背面の空洞を調査した。測線はトンネル軸方向に3測線実施し、空洞の平面的分布を補完するために横断方向の調査も 10mピッチで行った。コア抜きで採取した覆工コンクリートの円筒状サンプルは、中性化試験と圧縮強度試験を実施した。

その結果、覆工背面の空洞の高さは 10~40cm 程度が大部分を占めており（図-1）、局部的に 50cm を超えるような箇所が存在した。横断方向の広がりも SL 付近まで達していた。地山が礫状に風化して、空洞が礫で充填している箇所もみられた。縦断測線上の覆工コンクリート厚は 15~55cm で、天端を中心に 15~20cm 前後と薄いところが多く存在した。圧縮強度は平均 39.8N/mm² で、中性化の厚さは平均 18mm であった。

4. 調査結果から推定される変状要因

覆工背面に大きな空洞が存在すること、また圧縮強度は十分であるものの既設覆工コンクリート厚が予想以上に薄いことから、緩んだ地山の地圧によって覆工コンクリートにひび割れが発生したり、地山から岩盤が剥離落下し突発的な崩壊を招くことが懸念された。

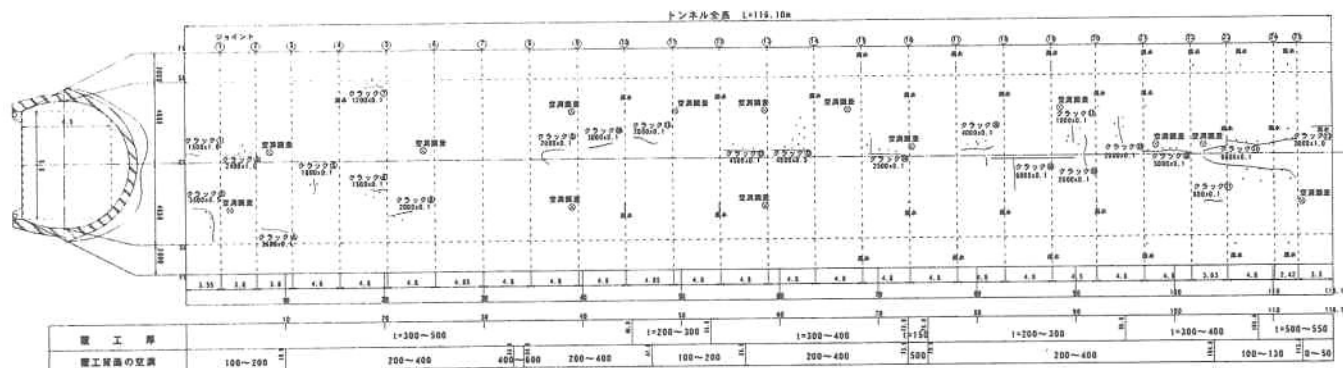


図-1 トンネル変状状況と対策工図

5. 対策工の選定

変状原因と対策工法選定の目安をまとめると、図－2のように分類される。これらのうちから経済性・施工性を検討して以下のように対策工を選定した。

- ① 突発性崩壊要因、背面の空洞
→裏込注入工（エアモルタル）
- ② 巻厚不足→内面補強工（炭素繊維シート）

6. 数値解析

変状トンネルの対策工の解析手法²⁾として、2次元骨組解析手法を用いた。覆工は線形弾性の梁として、地盤・裏込注入工は地盤ばねとして、ひび割れは塑性ヒンジ等によりモデル化し、緩み土圧に対する耐荷力の照査を行った。また、裏込材注入時の注入材が与える既設覆工への影響を考慮し、無補強で施工可能か照査した。モデルとする覆工コンクリートの厚さは、ケース1の裏込材注入時の照査においては既設覆工の平均厚である $t=20\text{cm}$ （クラウン部）とし、緩み土圧照査時では、既設覆工最低厚である $t=15\text{cm}$ （クラウン部）と設計巻厚である $t=30\text{cm}$ （クラウン部）の2ケースについて比較検討した。

- ケース1. 裏込材注入時の既設覆工耐荷力の照査（覆工厚 $t=20\text{cm}$ ：クラウン部）
- ケース2. 緩み土圧による照査（覆工厚 $t=15\text{cm}$ ：クラウン部）
- ケース3. 緩み土圧による照査（覆工厚 $t=30\text{cm}$ ：クラウン部）

以上の3ケースについて検討した結果を表－1に示す。覆工コンクリートの厚さが $t=20\text{cm}$ あれば裏込材注入時の耐荷力は十分である。また、緩み土圧に対しては巻厚 $t=30\text{cm}$ では十分な耐荷力を有しているが、巻厚 $t=15\text{cm}$ では緩み土圧に耐えることが出来ない結果となり、炭素繊維シートによる補強が必要である。

7. おわりに

道路トンネルの補修・補強工法の明確な選定方法や解析手法はまだ確率していないのが現状であるが、今回突発性崩壊要因を有する既設トンネル覆工の対策工について解析手法を紹介した。今後は、その他の変状要因に対しても検討していきたい。

参考文献 1) 道路トンネル維持管理便覧 日本道路協会 H5.11 2) 変状トンネル対策工設計マニュアル 鉄道総合技術研究所 H10.2 3) トンネル補修・補強マニュアル 鉄道総合技術研究所 H2.11 4) 設計要領第3集 トンネル本体工保全編 日本道路公団 H10.10

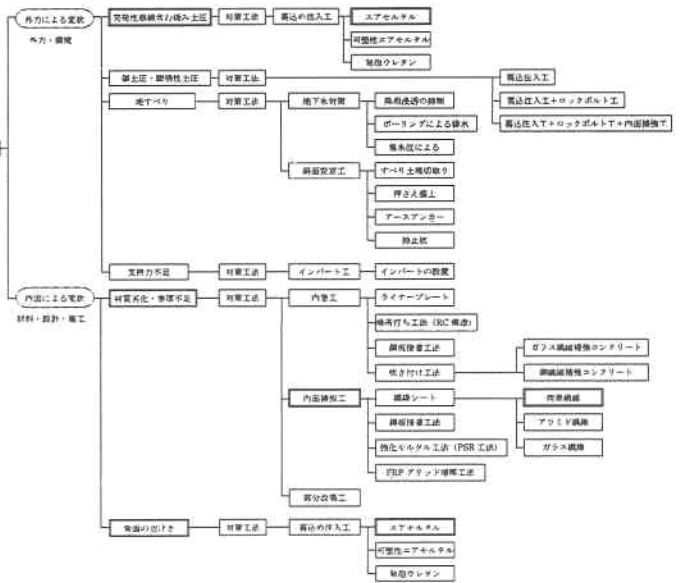


図-2 変状原因と対策工選定の目安

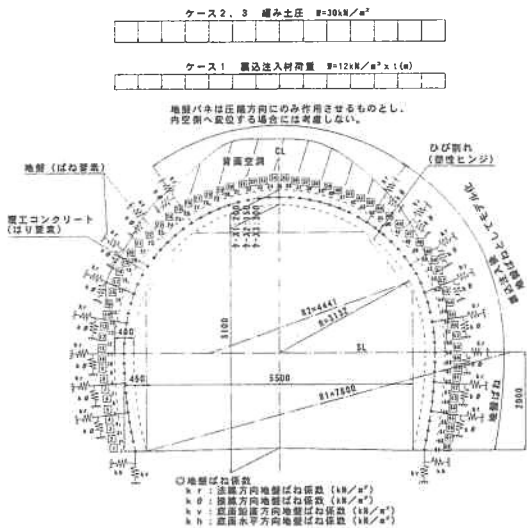


図-4 覆工、地盤、裏込注入解析モデル

計算結果一覧表

荷重ケース	格点No.	計 算 結 果		判定
		曲げモーメント	ひび割れモーメント	
		Mmax (kN・m)	Mc (kN・m)	
ケース1	19	13.681	18.743	○
ケース2	33 ~ 35	10.681	6.193	×
ケース3	35	20.538	22.689	○

表-1 計算結果一覧表