

V-26

乾燥収縮により生じたトンネル内 コンクリート舗装の変状について

守谷商会技術研究所 正会員 宮下 秀樹

1. はじめに

セメント・コンクリート舗装の設計は、主として車両荷重に対して行われるが、版に生じる応力度の主体、あるいは変形の原因は周囲の温湿度環境の変化にあることが知られている。この代表的な例として、太陽光による輻射熱が挙げられ、設計に考慮されている。¹⁾ 一方、トンネル内の舗装は、坑内特有の温湿度環境により、変状を生じやすいが、事故報告も少なく設計に反映され難い状況にある。

ここに、トンネル舗装の変状調査結果をもとに、トンネル舗装の変状の把握（特にそり変状）を行い、設計・施工法の改善の必要性を述べる。

2. トンネル舗装の変状調査

長野県内の山岳道路トンネルにおけるコンクリート舗装に対して行った変状調査(n=27)の結果を表-1に示す。調査法は図-1の変状パターン分類にもとづき目視調査を行った。変状は歩道舗装と側溝を中心とする多くのトンネルで発生しており、幅員の大きな高規格道路ほどその傾向は大きい。

これらの変状は、「④舗装版のそり変状」、「⑤トンネル覆工コンクリートの収縮に起因するもの」とに大別でき、以下の如き要因によるものと考えられる。

④舗装版のそり変状

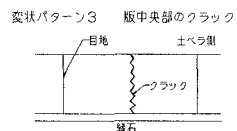
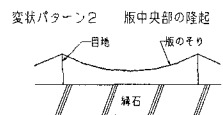
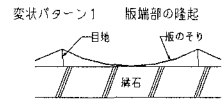
変状 { ①パターン
②パターン
③パターン
⑥パターン } 要因 { 舗装版上下面の乾燥収縮差
舗装版上下面の温度勾配
(季節変動) }

⑤トンネル覆工コンクリートの収縮に起因するもの

変状 { ④パターン
⑤パターン
⑥パターン } 要因 { 覆工コンクリートの乾燥収縮
覆工コンクリートの温度伸縮
覆工コンクリートの表裏面の
温度勾配(季節変動) }

表-1 トンネル舗装変状調査結果 (凡例 ④:変状、○:変状、△:変状)

略称	延長 m	断面 m	竣工年	工法	車道 幅員	歩道 幅員	監査 路幅	変状 ①	変状 ②	変状 ③	変状 ④⑤	変状 ⑥	歩道版目地 部の隆起量	車道と側溝 の段差	総合判定
I	1129	59.2	1989	NATM	8.0	1.7	1.0	○	○	○	○	○	60mm	50mm	◎
A	737	62.3	1995	NATM	8.0	2.5	1.2	○	○	○	△	○	13	10	◎
H	1137	87.6	1994	NATM	8.0	1.7	0.8	○			△		6		○
S	645	57.7	1994	NATM	7.3	1.7	1.0	◎				○	8	10	◎
C	745	62.9	1989	NATM	7.5	1.6	0.9								
K	220	56.5	1987	NATM	7.5	1.8	0.8				○	○		5	○
M	640	56.0	1987	NATM	7.5	1.7	0.9	○	△	◎			7		◎
N	720	60.0	1993	NATM	8.0	1.0	1.0			◎	△	○			△
AS	410		1994	NATM	7.5	1.7	0.8	○					5		○
Y	1030	60.0	1990	NATM	7.5	1.7	0.9	◎			△		10		◎
AO	659	62.2	1988	NATM	7.5	1.7	0.9	○			△	○	7		○
AR	490	66.6	1986	在来	7.5	1.6	0.8			△	△				
T	210	67.0	1991	NATM	7.5	1.8	0.9			△	△	△			
MA	2447	55.0	1993	NATM	7.5	1.0	1.0	△				△	2		△
KD	353	56.9	1990	NATM	7.5	1.2	0.9	○			△	△	5		○
NK	1228	55.0	1993	NATM	7.5	1.2	0.9	△			△		2		
MT	590	80.0	1983	在来											
NM			在来		6.0	0.8	0.8	◎	△				12		○
KK	707		1980	在来	6.5	0.8	0.8	○					15		△
HR	1381	60.0	1988	NATM	7.0	1.0	1.0	○	△		△	○	6	10	○
MT	210	56.8	1989	NATM	7.0	1.2	1.2	△			△		4		△
TK	338	60.0	1991	NATM	7.0	1.2	1.2	○		△	△		8		○
HN	302	50.9	1984	在来	6.0	1.5	0.9	△		△			4		○
U			在来		6.5	0.8	0.8	◎	△	○			20		◎
NG	213		1980	在来	7.0	0.8	0.8	△			○	○	3	4	△
R	162		1988	NATM	7.0	1.6	0.7								△
F	194	52.3	1984	在来	6.5	1.2	1.2	◎	◎	◎	○	◎	-40	10	◎



変状パターン4 側溝の変形（溝幅の狭小）
変状パターン5 縁石の前縁
変状パターン6 車道舗装と側溝との段差

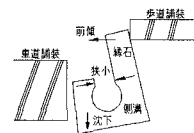


図-1 変状パターン分類

3. そり変状規模の同定

調査トンネルの内、特に変状の著しいAトンネルの歩道舗装について変状量の測定を行いその規模の同定を行った。版のそり変形の内、版端部と縁石との接合部の鉛直方向の変形分布を図-2に示す。これらの1ブロック当たりの平均変形量を図-3に示す。又、舗装版断面内の水分量の分布を図-4に示す。切り取りコアの飽和水分量は7.1%であり、版下面はこの80%以上の水分量である。これに対し、上面はこの20%以下の水分量となり、版の上下で乾燥の度合いが大きく異なることがわかる。更に水分量の断面内分布は非線形を示す。これらの湿度環境により、版上下面に乾燥収縮差が生じているものと考えられる。ここに、上面側の湿度を70RH下面側を95RHとした場合の乾燥収縮ひずみ量の差をCEB-FIP MC-90により求めると、材令250日で 310×10^{-6} を得る。これによる版の収縮ひずみに、自重と、上下面の温度勾配を考慮した3次元FEM解析を行った。この変形量は前述のそり変形量とほぼ整合することが確認された。

4. トンネル覆工の縮小に起因するもの

トンネル覆工コンクリートの乾燥収縮及び温度による伸縮によりトンネル内空断面は季節変動する。Aトンネルにおける舗装後の内空の経時変化を図-6に示す。この内空断面の変動の内、断面の縮小期には舗装版に拘束応力が生じ、構造的弱点となる側溝部に変状を生じる。特に夏期に舗装工事が行われ、舗装版によるトンネル内空断面の閉合が、覆工コンクリートの膨張期に行われた場合はその影響が著しい。

5. 結語

トンネル内の舗装は雨水に暴露されない。更にNATM工法では、アイソレーションにより十分な防水が行われるために、坑内は極度な乾燥状態となる。一方、路盤からの水分の供給により舗装版下面は湿潤状態にある。これらにより版上下面に乾燥収縮差が生じ、大きなそり変状をもたらす。

近年、NATM工法の普及により、大断面のトンネル構築が可能となり、大きな幅員を有する舗装（特に歩道）が計画される傾向にある。これらに対して、トンネル坑内特有の温湿度環境に十分配慮した、下記のような設計・施工法の改善が必要となる。

①乾燥収縮に起因するそり変状について

- ・舗装版下面に防水工を設け、トンネル全体の防水を行う。

②覆工コンクリートの断面収縮について

- ・歩道舗装の土バウ側に膨張縦目地を設ける。
- ・夏期の舗設は避ける。

【参考文献】1) (社) 日本道路協会：セメント・コンクリート舗装要綱

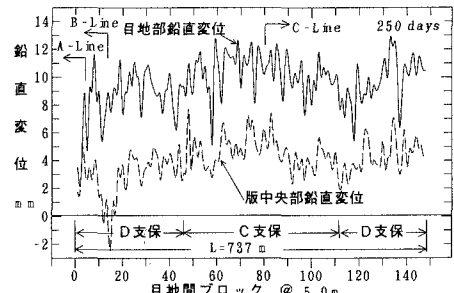


図-2 版端と縁石との接合部の鉛直変位

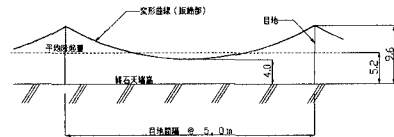


図-3 ブロック当たりの平均変形量

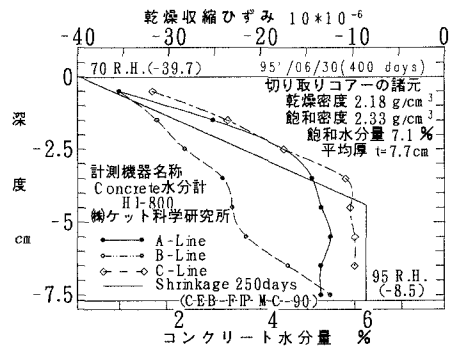


図-4 歩道舗装版内の水分量分布

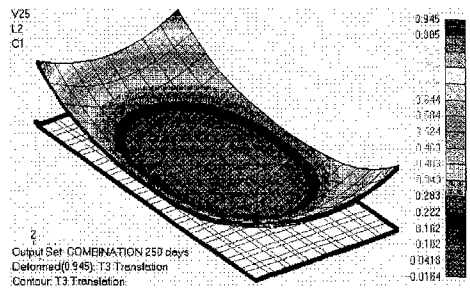


図-5 3次元FEM解析結果

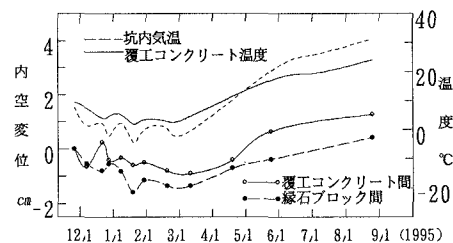


図-6 覆工コンクリート温度経時変化図