

## V-48

トンネル内の温湿度環境がコンクリート  
歩道舗装のそり変状に与える影響とその対策

守谷商会技術研究所 正会員 宮下秀樹  
建設省長野国道工事事務所 小山義夫  
同 上 中谷文治

## 1. はじめに

近年、道路構造の高規格化に伴い大きな幅員を有する山岳道路トンネルが構築される場合が多い。一方、NATM工法の普及によりトンネル内の防水性能は飛躍的に向上した。このような状況の中、トンネル歩道コンクリート舗装にトンネル内特有の温湿度環境に起因するそり変状が顕在化している。

本稿は、この変状対策工法を確立するために実施した試験施工の結果を示すとともに、トンネル内の温湿度環境がコンクリート舗装のそり変状に与える影響について考察を行ったものである。

## 2. 試験施工の概要

トンネル内歩道舗装版上下面の乾燥収縮差に起因するそり変状の発生防止対策を確立するため、表-1に示す3タイプの舗装により試験施工を行った。タイプ①②は検査路部で版幅が84cm、収縮目地間隔が300cmである。タイプ③は歩道部で版幅が166cm、収縮目地間隔が500cmである。各々の膨張目地間隔は30mで、設計厚は7cmである。舗装は平成8年12月下旬に実施し、平成9年11月に供用を開始した。

## 3. 調査の方法

対策工の効果を確認するため、図-1に示すように舗装版上下面にコンクリート水分計端子とひずみ計を設置し経時計測を行った。設置位置は、収縮目地から50cm離れた版幅の中央とした。水分計の端子は、舗装下面が羽子板状の埋め込み電極、舗装上面が挿入式のブラシ型電極とした。コンクリートのひずみは、版上下面よりそれぞれ31mm外側に設置したコンクリートひずみ計で測定したものを、舗装版縁ひずみに補間し温度補正した。供用開始以後の舗装版上面のひずみ計測は、コンタクトゲージ（標点距離30cm）に変更した。目地端部の隆起量は、目地位置における縁石天端と舗装版端部の段差をデジタルノギスで測定した。

表-1 試験施工の概要

| タイプ  | ①路盤紙敷き施工                                    | ②乾燥収縮低減剤散布                                                                                                   | ③ビニールシート敷き施工                                                                                       |
|------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 施工意図 | 在来施工の確認                                     | 材料の乾燥収縮特性の改善対策                                                                                               | 施工法改善による環境改善対策                                                                                     |
| 対策工  | 路盤紙敷きによる在来工法<br>コンクリート舗装版<br>路盤紙敷設          | 高性能収縮低減剤を材齢一日で表面散布（ $\approx 300\text{ml/m}^2$ ）し、舗装版内に含浸させ、収縮量の低減を図る<br>収縮低減剤 $\approx 300\text{ml/m}^2$ 散布 | 路盤紙の代わりにポリエチレンシート（ $t=0.25\text{mm}$ ）を敷き、路盤からの水分供給を遮断<br>コンクリート舗装版<br>ポリエチレンシート $t=0.25\text{mm}$ |
| 部材規模 | 検査路舗装版 $3000 \times 840 \times 70\text{mm}$ | 検査路舗装版 $3000 \times 840 \times 70\text{mm}$                                                                  | 歩道舗装版 $5000 \times 1660 \times 70\text{mm}$                                                        |

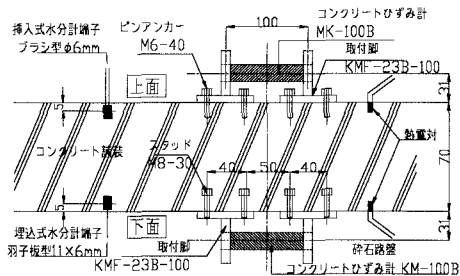


図-1 計測計器取付け方法

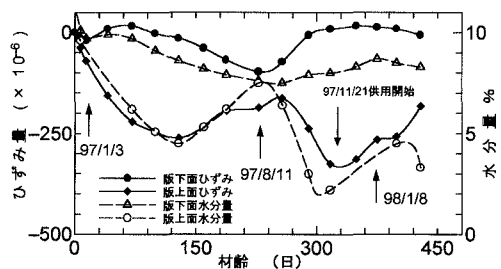


図-2 舗装版のひずみと水分量の経時変化（①路盤紙）

キーワード：乾燥収縮、収縮低減剤、水分量、自己平衡応力、乾燥クリープ

連絡先：〒380-8533 長野県長野市 南千歳1-3-7 守谷第一ビル7F TEL 026-223-8192 FAX 026-223-8194  
〒381-3165 長野県長野市 七二会甲909-1 建設省笹平出張所 TEL 026-229-2861 FAX 026-229-2863

#### 4. 調査結果

図-2,3,4に各対策工における舗装版上下面のひずみ量と水分量の経時変化を示す。版上面の水分量は、3タイプともトンネル内相対湿度の季節変動の影響を受けている。夏期のトンネル内気温は、外気に比べ低いために相対湿度は上昇し、結露する場合もある。冬期は、トンネル内気温と外気の温度差が逆転するため、トンネル内の相対湿度は低下する。版下面の水分量変化は、タイプ①②と③で異なる。①②は、舗装版に路盤を介して地山から水分が供給されるが、③は水分供給がない。①②は冬期に水分が増加し夏期に減少する。冬期の舗装版温度が路盤温度より低く、版下面近傍で路盤内の気相の相対湿度が上昇する。③の下面水分量は季節変動がなく、材齢の進行とともに減少する。ひずみの変動は、図-5に示したように水分量の変化と相関がある。版上下面での温湿度環境の違いにより版上下面に生じた収縮ひずみ差が、舗装版にそり変形を発生させる。図-6に版端部のそり上がり量とひずみ差の相関を示す。タイプ①②は相関が高く③は低い。

#### 5. 考察

水分量は断面内で非線形分布を示す。自由収縮ひずみもこれに従い非線形をなすと想定すれば、断面の平面保持により図-7に示す自己平衡応力が生じる<sup>2)</sup>。タイプ①②と③で分布特性に違いがあり、自由収縮ひずみと実ひずみの関係が相反する。①は実ひずみが小さく③は大きい。これは、図-5に示した傾向と一致する。次に、コンクリートの弾性係数は水分の逸散で低下する<sup>2)</sup>。③は乾燥が過度に進行したため、経時的に弾性係数が低下した。さらに、乾燥の進行により曲げ応力状態での乾燥クリープも増大する<sup>2)</sup>。③は若材齢期からそり上がりが大きく、自重による大きな曲げ応力を受けクリープが増大し、図-6のような挙動を示したものと考える。

#### 6. おわりに

水分量とひずみ量との間には相関がある。トンネル内歩道舗装の水分変化はトンネル内の温湿度環境に依存し、版の上下で異なる。これで乾燥収縮差が生じそり変状を引起す。予防対策として、タイプ③はそり上がり量を小さくできるが、乾燥が過度に進み良好な応力・ひずみ状態を創出できない。②は全収縮量を抑制し適切な対策工となる。

##### 【参考文献】

- 1) 宮下：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、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部，pp52-53，1996.9
- 2) セメント・コンクリート研究会水委員会：セメント・コンクリート中の水の挙動(4.3-4)，pp183-243，1993.10

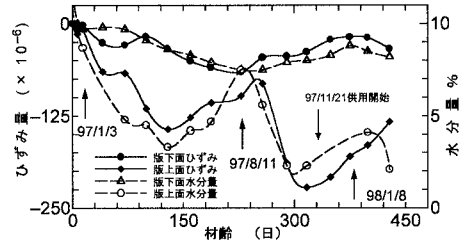


図-3 ひずみと水分量の経時変化 (②収縮低減剤)

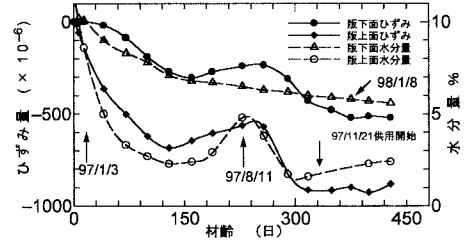


図-4 ひずみと水分量の経時変化 (③シート敷き)

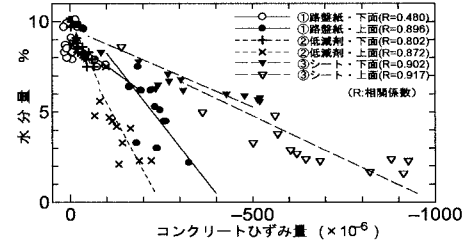


図-5 水分量-コンクリートひずみ量の相関

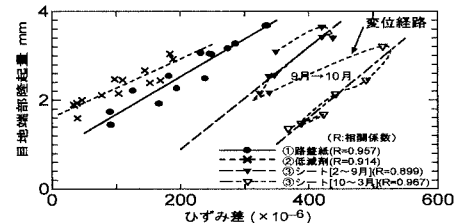


図-6 そり上がり量-上下面のひずみ差の相関

| 水分分布状況  | 材齢進行による収縮<br>(曲げ成分のみ表示)                           |                         | 季節変動による伸縮<br>(膨張時を表示) |                |
|---------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
|         | (a) 自由ひずみ<br>と実ひずみ                                | (b) 自己<br>平衡応力          | (c) 自由ひずみ<br>と実ひずみ    | (d) 自己<br>平衡応力 |
| ① 路盤紙敷き | 水分量 %<br>0 5 10<br>実ひずみ<br>+ 98/3/4<br>- 97/8/11  | $\epsilon_0 > \epsilon$ | 自由ひずみ<br>実ひずみ         | (引張りが+) 0      |
| ③ シート敷き | 水分量 %<br>0 5 10<br>自由ひずみ<br>+ 98/3/4<br>- 97/8/11 | $\epsilon_0 < \epsilon$ | 自由ひずみ<br>実ひずみ         | (引張りが+) 0      |

図-7 水分変化-ひずみ変動の特性