

山形自動車道 盃山トンネルで発生した変状と対策について

東日本高速道路(株) ○ 法人会員 多田 誠
東日本高速道路(株) 正会員 佐久間 智
東日本高速道路(株) 法人会員 菅原 徳夫
(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 FID-会員 末岡 眞純
(株)ネクスコ・メンテナンス東北 後藤 俊英

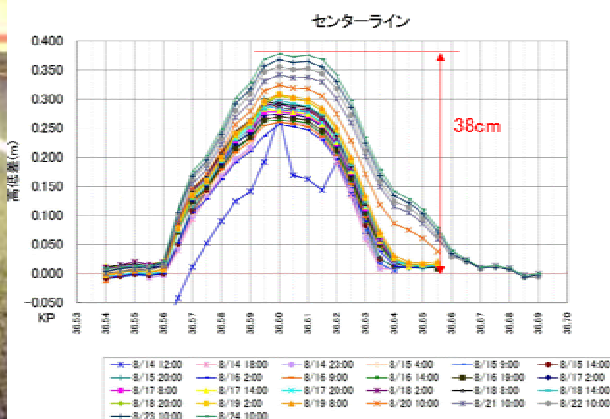
1. はじめに

平成 20 年 8 月 13 日、山形自動車道上り線 山形蔵王 IC～山形北 IC 間の盃山トンネルにおいて、路面変状（隆起）とクラックが発生した。路面変状は日々拡大し、10 日間で約 38cm の隆起を確認した。

この路面変状は、膨張性を有する地山がインバートコンクリート（以下、「インバート」という）を押し上げ、破壊に至ったものであった。供用中トンネルとして、これだけ急激な変位速度で変状を起こし、インバートが破壊した事例は極めて少ない。本報文は、これまで経験したことがない急激な変状を起こした盃山トンネルの変状原因とその対策について報告するものである。

2. トンネル変状及び地質概要

盃山トンネル上り線（平成 3 年 7 月 20 日供用、L=1,234m）は供用後 18 年が経過しており、変状が生じる前日の定期巡回及び点検では、隆起等は確認されなかった。変状状況を写真 - 1、縦断方向の隆起状況を図 - 1 に示す。今回変状を起こした区間の地質は、建設時にも多大な内空変位（水平方向で約 400mm）が発生した膨張性地山区間であり、膨張性粘土鉱物（モンモリロナイト）が約 52% と多く含む凝灰岩層が分布している（地山強度比 0.1 以下）。また、建設時にもインバートが破損したため、鋼製支保工を設置し、インバートの再施工を行った経緯があった。



3. 既設インバートの変状

路面変状の原因を確認するため、既設舗装及び路盤材料を撤去して確認した既設インバート

の損傷状況を写真 - 2 に示す。既設インバートはおおよそインバート中央付近で縦断方向に破断していることが確認された。また、インバートの断面測量を実施したところ、設計断面に対し、最大で 95cm の隆起が確認された。

4. 変状原因

今回の変状メカニズム(推定)を図 - 2 に示す。供用後地山の盤ぶくれ等による塑性地圧（特に鉛直方向）が湧水等の影響によりさらに増加し、トンネル変状、盤ぶくれ



写真 - 2 既設インバート損傷状況

インバートにひび割れを発生させた。インバートの破損が進行し、センタードレーンも破壊され、地山への水の供給量が増加し、更なる塑性領域が拡大、最終的にはインバートが隆起破壊し、路面隆起に至ったと推定される。

4．対策工の検討

平成 14 年度に供用した下り線トンネルは、今回ほとんど変状を起こしていない。それは、上り線建設時にインバートが破損・再施工した経験から、インバートに鋼製支保工を設置していたためであった。そこで、今回の対策工は、下り線トンネルの構造を参考に以下のとおりとした。（図 - 3 参照）

- インバートに鋼製支保工（H-200）を 1m ピッチで設置
- インバートの半径を 13.1m から 10m へ変更し、より円形に近づける。

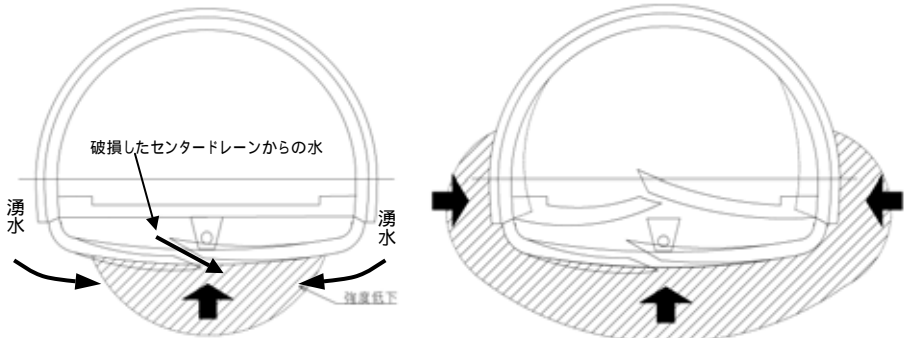


図 - 2 変状メカニズム（推定）

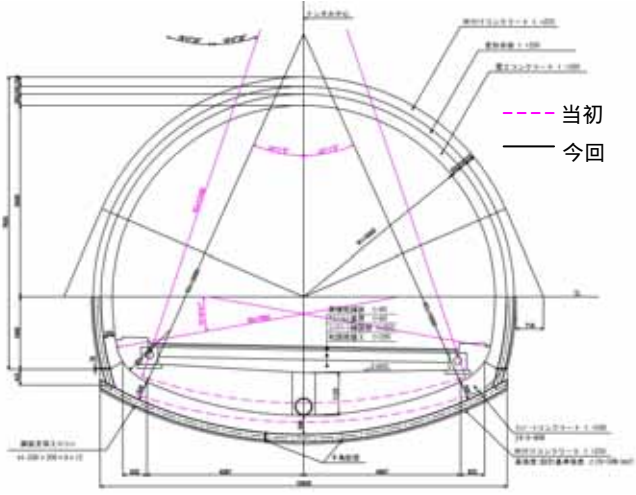


図 - 3 対策工断面図

5．施工フロー

災害発生後、日々路面は隆起し、トンネル内空は縮小していき、早期に変位を抑える対策工を実施する必要があった。よって、インバートの再施工については、図 - 4 の施工フローのように、約 8m を 1 サイクルでインバートの再施工を実施し、早期に損傷したインバートを復旧し、順次断面閉合を行った。

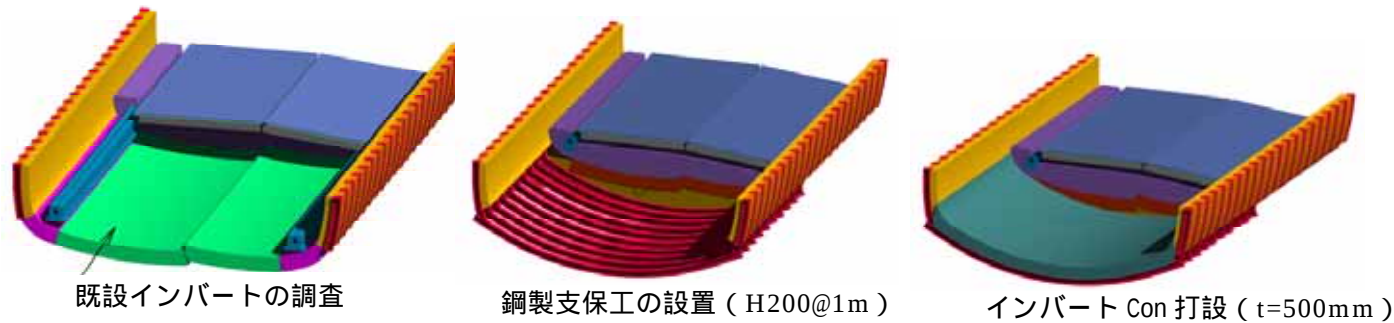


図 - 4 施工フロー

6．対策工時の計測

今回の対策工事においては、内空変位測定、覆工亀裂変位測定、地中傾斜計等の計測を実施し、内空変位測定の結果を管理基準とした。内空変位は自動追尾式トータルステーションで自動計測し、変位量を確認しながら、表 - 1 の管理基準値に基づき施工を行った。

7．おわりに

供用中の高速道路において、これほど急激な路面隆起による変状対策工事を実施した例はほとんどない。今回の工事を通じて、盤ぶくれ等の対策工事においては、変状状況にもよるが確実な計測・監視体制の下で早期にトンネル断面を復旧することが最も有効な手段であった。

表 - 1 工事中の管理基準値

レベル	注	内空変位量 単位: mm	対応策
レベル	注意レベル (レベルの25%)	25mm～50mm未満	計測監視の強化
レベル	警戒レベル (レベルの35%)	50mm～70mm未満	3日以内に鋼製スラットの設置が見込める場合は、本復旧工を実施する。
レベル	警戒レベル (レベルの50%)	70mm～140mm未満	3日以内に鋼製スラットの設置が見込める場合は、覆工の点検を行いながら、本復旧工を実施する。
レベル	非常レベル	140mm以上又は 変位の加速度的な増加が 数日継続する場合	3日以内に鋼製スラットの設置が見込める場合は、覆工の点検を行いながら、本復旧工を実施する。 3日以内に鋼製スラットの設置が見込めない場合、又は覆工に異常が認められる場合は、作業の一時退避を行い補助対策工を実施する。