

供用トンネルで発生した変状とその対策 - 山形自動車道 盃山トンネル(上り線) -

東日本高速道路㈱ 正会員 ○佐久間 智
東日本高速道路㈱ 菅原 徳夫
東日本高速道路㈱ 多田 誠

1. はじめに

平成20年8月13日午後、山形自動車道の山形蔵王IC～山形北IC間の盃山トンネル(上り線:L=1,234m)において、路面変状(隆起、クラック)が突然発生した。このトンネルは平成3年7月20日の供用後、17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。本報文は、急激で大規模な変状を起こした盃山トンネルの変状原因とその復旧対策を報告する。

2. トンネル変状と地質概要

今回の変状メカニズム(推定)を図-1に示す。この路面変状は、周辺地山が地下水等により劣化し、膨張圧(塑性圧)が発生したことにより、インバートコンクリート(以下、「インバート」という)を下方より押し上げ、破壊に至ったと思われる。更にインバートの破壊が進行し、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、塑性領域が拡大していき、インバートの損傷範囲が縦断方向に進展していった。路面の隆起状況を図-2に示す。路面変状は日々拡大し、10日間で約38cmという急激な隆起を確認した。

今回変状を起こした区間の地質は、膨張性粘土鉱物(モンモリロナイト)が平均52%(最大94%)と多く含む熱水変質凝灰岩が分布し、地山強度比は0.1以下である。建設時にも多大な内空変位(水平方向で約400mm)が発生し、インバートが破損したために鋼製ストラット(H200、4m間隔)をインバートに設置して再施工した経緯があった。

3. インバート損傷

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約138mの区間で破断していることが確認された。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。供用中トンネルで変状が確認されてから約1ヶ月半でこれほど大規模にしかも急速にインバートが隆起し、破壊した事例は皆無である。写真-1にインバート損傷状況を示す。

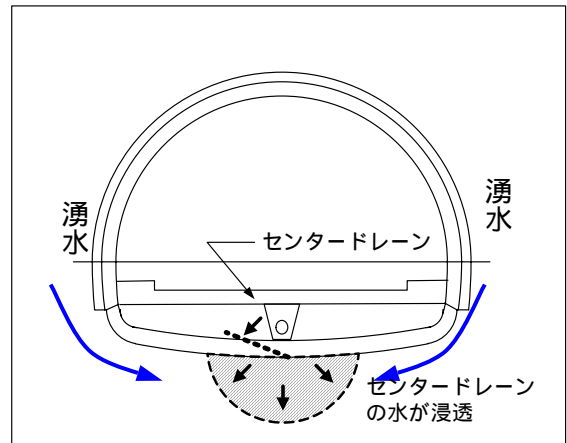


図-1 インバート損傷のメカニズム

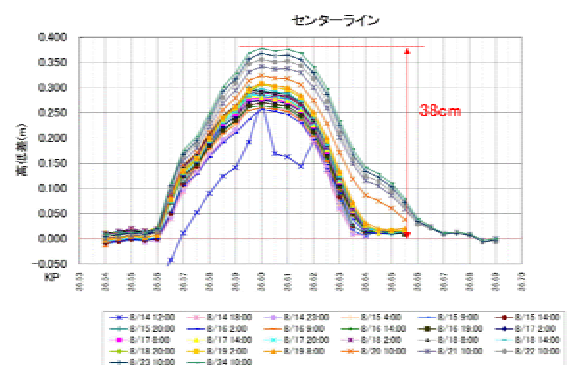


図-2 路面隆起状況(縦断方向)

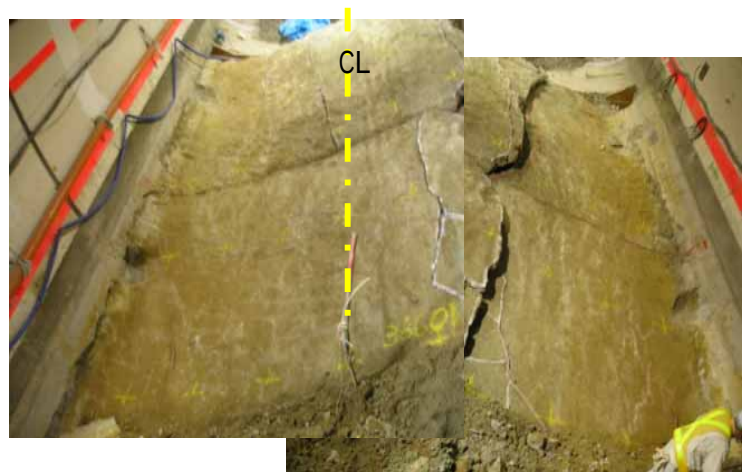


写真-1 インバート損傷状況(36.6KP付近)

キーワード トンネル 変状 復旧 インバート 膨張性 塑性圧

4．対策工の検討

平成 14 年度に供用した下り線トンネルのインバート（厚さ 0.5m、鋼製支保工(H200@1m)、吹付けコンクリート(厚さ 0.25m)、半径 13.1m）は、現在も変状を起こしていない。なお、インバート下面にはロックボルトは打設していない。

今回の対策工は、下り線トンネルのインバート構造を参考にして、更にインバートの半径を 13.1m から 10.0m に変更して、よりトンネル断面を円形に近づけて、図-3 に示すのとおりとした。

5．施工状況

損傷が発生した上り線は全面通行止めとし、隣接する下り線を対面通行することでお客様の交通を確保し、周辺道路への影響を極力回避した。災害発生後も日々路面は隆起し、トンネル内空は縮小する状況のもと早期に変位を抑える対策工を実施する必要があった。写真-2 に示すように、インバート施工は、昼夜連続作業で約 8m を 1 日のサイクルで実施し、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。

6．計測

今回の対策工事で、内空変位、覆工亀裂変位、地中傾斜計、インバート応力等の計測を実施した。図-4 は、1/100mm まで計測できるレーザ測距儀による内空変位測定の結果である。36.602KP 付近は、一次支保工が完了しても変位速度は変わらず、インバート構築後収束して 112mm の値となった。2 次覆工完了後のトンネルの変位としてかなり大きな値であるが、2 次覆工には大きな変状は発生せず、インバート応力も 2N/mm^2 と小さかったことから、たたき点検以外に特別な対策は行わなかった。対策工事完了後も、経過観察と安全確認のために計測は継続しているが、変位は沈静化している。

7．おわりに

供用中のトンネルで今回のように急激で大規模な路面隆起による変状対策工事を実施例はほとんどない。今回の工事を通じて感じたことは、インバート隆起への対策工事は、変状状況にもよるが確実な計測・監視体制の下で早期にインバート復旧することが最も有効な手段であった。

この報告が、供用中トンネルインバート変状の復旧と、膨張性地山トンネル建設への参考となれば幸いである。最後に本対策の施工に対し、ご指導等を頂きました東京都立大学今田名誉教授他の皆様に深甚の謝意を申し上げます。

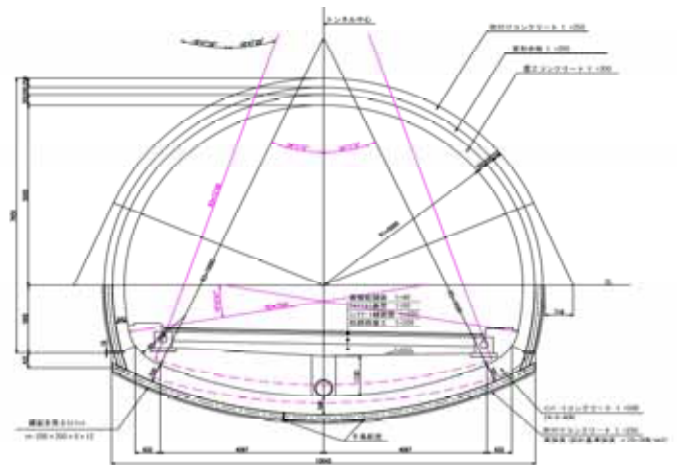


図 - 3 インバート対策工断面図



写真 - 2 インバート対策状況

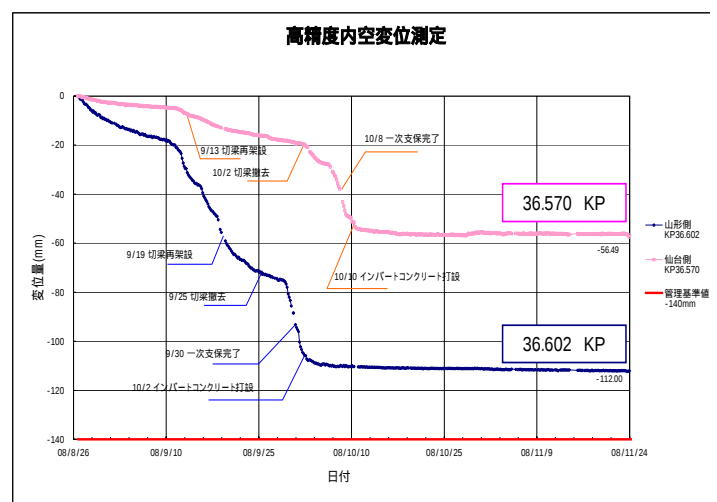


図 - 4 内空変位測定（レーザ測距儀による）