

## 細砂層を挟む軟岩地山に建設された鉄道トンネルの変状と対策

東日本旅客鉄道株式会社  
東日本旅客鉄道株式会社

浅田 章一  
正会員 吉田 聖浩

### 1. はじめに

今回報告するトンネルは、1976年に供用開始された複線断面の山岳トンネル(L=10,359m)である。当該トンネルでは、しゅん功以降、インバートに関連する変状が発生し、その都度、対策を実施してきた。

しかし、2000年以降に確認された変状箇所では、適宜、対策を実施したが、その対策工が2次要因となり、当該の対象箇所付近に同様の変状が生じるなど、抜本的な変状解消に至っていない状況である。本稿では、細砂層が介在する地山に建設された山岳トンネルにおいて、繰り返し発生するインバート変状に関する調査、変状原因の推定および対策工について報告する。

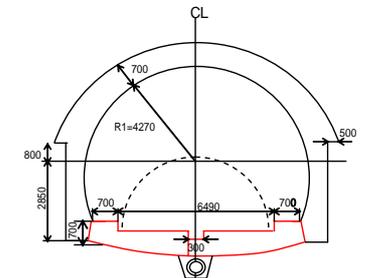


図-1 トンネル断面図 (単位:mm)  
番号は施工ステップを示す

### 2. 当該トンネルの概要

当該トンネル周辺の地盤は、新三紀鮮新世～新四紀洪積世の三浦総群・段丘堆積層等で形成されている。また、トンネル通過地に分布する地層は、トンネル入口から中央部付近まで土丹層(砂質シルト岩)主体の生田泥岩であり、これにより出口に向かって稲城砂層へと徐々に移行している。

トンネルの入口から約5kmの区間は、底設導坑先進上部半断面掘削工法で施工されている(図-1参照)。なお、インバートは、分割施工されており、トンネルセンター付近に打継目が存在する。



写真-1 インバート下面の空洞状況  
(ボアホールカメラによる撮影)

### 3. 当該トンネルの変状概要

主な変状内容は、インバート下部の空洞発生(写真-1参照)による沈下・軌道変状・砂の噴出堆積等である。特に12k350m付近の下り線側では、2006年1月より1年間で約40mmのインバートの沈下を確認している。なお、インバート変状発生箇所周辺の地質は、土丹層と稲城砂層が入り組んで形成された地層となっている(図-2参照)。

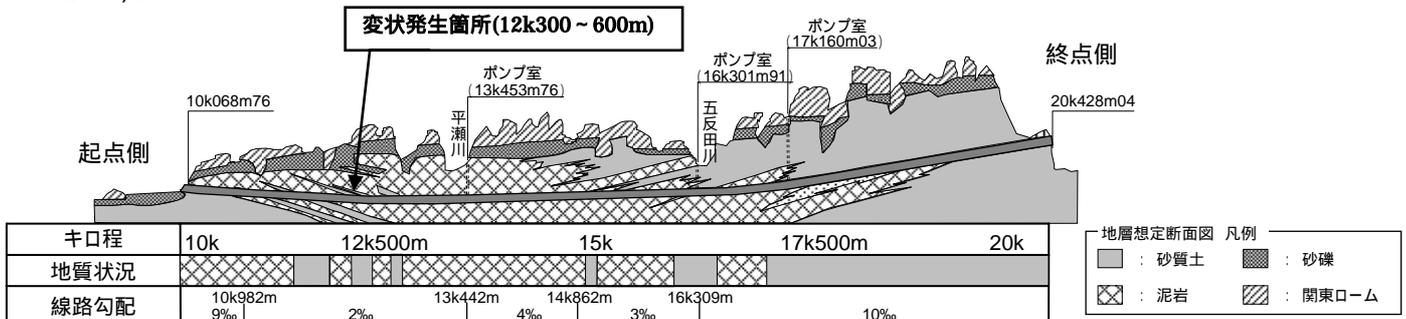


図-2 当該トンネルの地層想定断面図

### 4. 12k500m 付近で発生した変状

#### 4.1 変状概要・調査・原因の推定

2000年以降に最初に変状が発生した12k500m付近において、インバートの沈下・目違い・打継目の開き等が発生し、中央排水溝に細砂の流出が伴う湧水が確認された(図-3参照)。そこで、当該箇所の地質調査等を実施し、～に示す変状原因の推定を行った。

流砂現象を生じやすい地質である。(均等係数  $U_c=1.55$ 、細粒分含有率=4.0%)

列車通過による水圧変動により、インバート下部の間隙水圧が上昇することで、インバート下部の地層表面の砂粒子が分離・流出され、空洞化する。

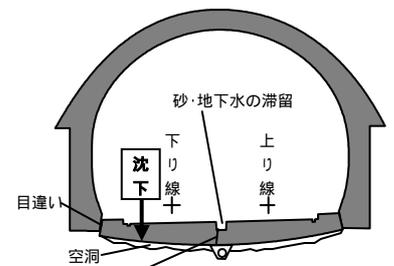


図-3 12k350m 付近の変状概要

キーワード 山岳トンネル, 流砂現象, インバート打継目, 地下水, 注工

連絡先 〒244-0003 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町官0番地 JR 東日本 横浜土木技術センター TEL 045-871-2355

の繰り返しにより、インバート下部の空洞が徐々に拡大し、インバートの沈下が生じる。  
 インバートの打継目からの地下水・砂の流出が、インバートの沈下を助長している。

**4.2 対策工の実施**

当該箇所の変状対策の検討では、インバート沈下の急速な進行性・列車動揺への早期対応を最優先項目とし、施工に伴う諸条件を考慮して、空隙拡大防止、変状区間下部への地下水等進入防止を目的として、インバート下部への空隙充填工(水中不分離性裏込材)および中央排水管内排水切回し工(セメント固化材注入)を実施した(図 - 4 参照)。

その後、当該対策工実施箇所においては、2008年3月以降においても大きな変状は確認されていない。

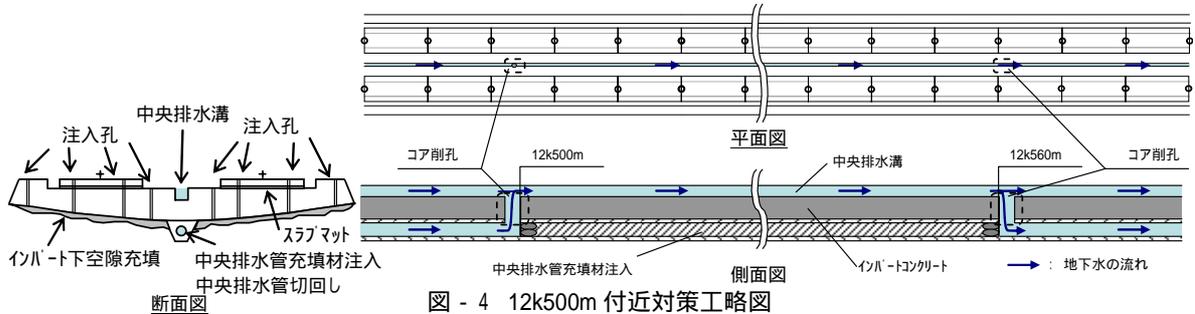


図 - 4 12k500m 付近対策工略図

**5 . 12k350m 付近で発生した変状(12k500m 付近で発生した類似の変状)**

**5.1 変状概要・調査・原因の推定**

2002年6月に12k500m 付近の中央排水上流部にあたる12k350m 付近のインバートで同様の変状(インバートの沈下、側壁部目違い等)を確認した。発生の原因として、12k500m 付近の変状原因に加え、実施した対策工により地下水の流れを閉塞させる構造を新たに形成したため、12k350m 周辺のインバート下部の地山で地下水が常時滞留状態となった。そのため、インバート下部の地山が列車振動に伴う間隙水圧の上昇によって崩壊し、砂粒子が地下水とともに吸い出されるという一連のメカニズムを12k500m 付近の対策工によって助長したことが、12k350m 付近のインバート変状要因として推定される。

また、コンクリート打継目の開きは、インバートコンクリートの一体化が不十分であったこと、側壁部とインバートとの目違いは、インバートが大きく沈下したことがそれぞれの要因として推定される。

**5.2 対策工の実施**

対策工実施(12k350m 付近)の要件として、地下水の流れを閉塞させずにインバート下部の空隙充填を行う方針で対策工(注入工)を実施した。対策実施後を基準としたレベル測量(12k350m)の結果を図 - 5 に示す。対策工は、最初に通水性を確保し上載荷重を支持することを目的に、インバート下の空隙部に硬質発泡ウレタンを充填した(A-1, A-2)。注入した結果、下り側は一時的に沈下抑制できたが、長期的には沈下抑制できなかった。その後、インバート下の空隙全面に透水性回復型裏込材(B)を注入したが、下り線側は沈下抑制ができなかった。一方、上り線側は、下り線と同様の対策により、沈下が抑制され、大きな変状・沈下の進行は確認されていない。これは、インバート下部の地質の違い(泥岩・砂)が要因として考えられる。

なお、下り線側においては、2007年3月に施工した通水性を有さない急硬性無収縮モルタル注入(C)の効果により、2008年3月時点においても大きな変状・沈下の進行は確認していない。

**7 . おわりに**

現在、インバートの分割施工部である打継目から微量ではあるが流砂・噴出しており、今後も沈下の再発が懸念される。そのため、継続的な保守管理が必要な状況下であると考え、継続的な監視を実施中である。また、今後の継続的な監視によりインバート沈下が確認された場合、その変状度合いに応じた対策を実施する計画である。なお、現段階では、対策工実施に向けた詳細調査・施工方法・経済性等を検討中である。

今後は、当該トンネルの保守管理方法および対策工の検討の深度化を図り、より効果的な維持管理手法を確立したいと考えている。

<参考文献> 1)(社)土木学会:トンネル標準示方書「山岳工法」同解説, 2006.

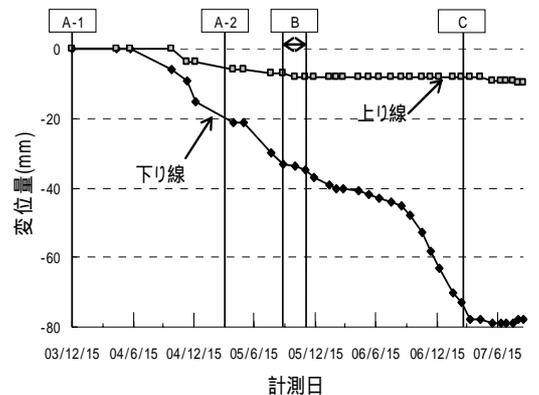


図 - 5 12k350m インバート沈下レベル測量結果

[凡例] A-1, A-2:硬質発泡ウレタン注入, B:透水性回復型裏込材注入, C:急硬性無収縮モルタル注入