

初生的な地盤変位により覆工変状が生じたトンネルの安全対策について

和歌山県県土整備部道路局道路保全課 非会員 堅田憲司
日本工営株式会社 正会員 ○中島美千代・非会員 中西敏夫

1. 土河屋（つちごや）トンネルの概要

土河屋トンネルは、和歌山県新宮市と奈良県五條市を結ぶ一般国道 168 号のうち、和歌山県・奈良県県境直近の標高 300m 程度の山地をほぼ南北方向に貫いて建設された全長 970m のトンネルである（図-1）。NATM 工法により施工され平成 16 年 3 月に竣工、平成 17 年 3 月に供用を開始した。

2. 経緯

平成 24 年 7 月、トンネル終点側坑口付近で覆工を横断する亀裂が生じていることが確認され、直ちに通行止め措置がとられた。その後、地質調査やトンネル・地盤の変位計測等を行いつつ安全検討委員会を組織し、覆工変状発生機構や通行止め解除に向けた対応策について議論を進めてきた。

その結果、次の 3 点が結論づけられた。1) トンネル覆工変状は、この周辺の地盤深部に分布する攪乱層の地すべり的な変位によるものであること。2) 地盤変位の範囲はトンネル周辺の複数計器での地盤変位や攪乱層下面等高線と地形等高線との関係から、ある程度推測できること。3) 豪雨時においても地盤変位量は微小で、覆工に損傷を与えることもなかったこと。

和歌山県ではこれらの議論をもとに、通行止め解除に向け、変状区間で鋼アーチ支保工・剥落防止網工・集水ボーリング工の施工を行うとともに、トンネル覆工および地盤計測での異常を検知した際に直ちに通行止めできるような監視体制を構築した。そのうえで、平成 26 年 12 月に通行止め解除を行った。

本発表では、トンネル設計時に予見が困難な地すべりによる覆工変状をもたらした状況について、これまでに実施した調査・計測結果ならびに覆工変状発生機構と暫定対策および通行止め解除のために構築した監視体制について報告する。

3. 覆工変状

トンネル覆工変状は奈良県側坑口から 60m の

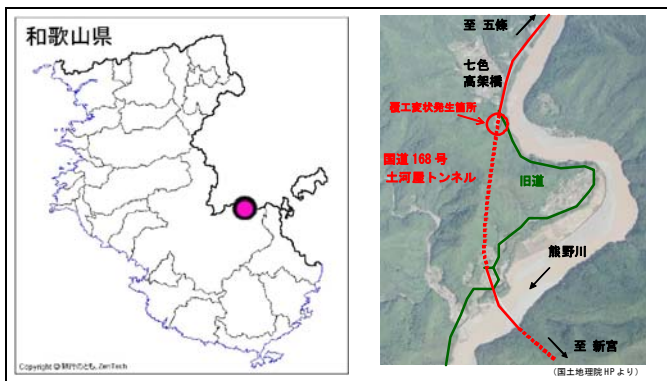


図-1 位置図



写真-1 覆工亀裂（山側壁面）

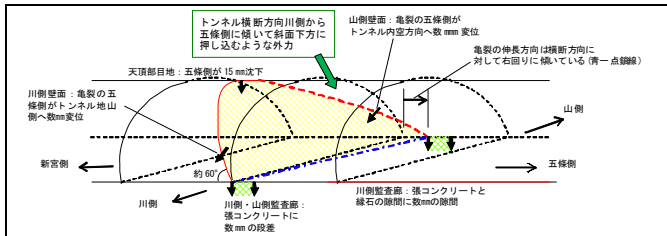


図-2 覆工変状の形態

位置で発生し、覆工目地・亀裂を境として坑口側が 15mm 程度下がり、段差が生じた。亀裂の伸長方向はトンネル横断方向に対してやや川側に傾いている（写真-1、図-2）。

覆工亀裂は、開口量 0.3mm 以下のヘアクラックが断続的に増加する傾向にある。ただし、このヘアクラックの増加傾向はトンネル中央部や新宮側坑口部には認められないことから、変状が顕著な区間に特異なものであることが確認された。

4. 地形・地質特性

微地形判読や現地踏査からは大規模な地すべりや地盤変動の履歴をうかがわせる要素は認識されない。

トンネル内外の地質調査の結果、次の地質特性



図-3 台風 11 号降雨時の孔内傾斜計変動量図

が確認された。1) 地表から 25～80m の深部に土砂～岩片状に破砕された攪乱層がトンネルの斜め横断方向に対し低角で分布している。2) 攪乱層はトンネル縦断方向にも連続しており平面的な広がりをもって分布している。

また、トンネル施工時の切羽記録によると、今回の覆工変状発生区間では土砂状部に遭遇しており、位置的にみて、これが上記攪乱層に相当するものであることが確認できた。

5. 地盤変位計測結果

平成 26 年 8 月の台風 11 号では、紀伊山地に大災害をもたらした平成 23 年 9 月の台風 12 号以降で最大規模となる連続雨量 644mm の降雨を経験した。その際、周辺斜面に設けた各観測孔で最大 25m 程度の水位上昇を記録するとともに、複数の孔の攪乱層相当深度で 1mm 内外の地盤変位を検知した(図-3)。一方で、覆工に新たな損傷が生じることはなかった。

6. 覆工変状発生機構

地質調査・地盤計測結果より、覆工変状の発生機構を次のように推測した。

1) トンネル周辺地山の深部に分布する攪乱層の一部がトンネルに掛っているため、その地圧がトンネルに作用していた。2) 攪乱層の変位は豪雨に相関して増大する地すべり的な特性を有している。3) トンネル完成後 2 番目の規模の降雨であった平成 26 年台風 11 号時にはトンネル周辺の攪乱層にて 1mm 内外の地盤変位を検知したが覆工に新たな損傷が生じるまでには至らなかった。4) このことから、3 章で示した覆工の明確な損傷はトンネル完成後の最大規模の豪雨であった平成 23 年台風 12 号豪雨時(累積降雨量 1097mm)に生じた可能性が高い。5) 以上から推定される地盤変位(地すべり)の規模は、幅約 200m・長さ約 250m・深さ約 70m である。

7. 対策・監視体制の構築

平成 26 年 8 月の台風 11 号豪雨でも覆工に損傷



写真-2 鋼アーチ支保工による補強状況

は生じなかったことから、覆工補強対策や監視体制を整えることで通行止め解除が可能と判断した。このため、覆工耐力を現状よりも向上させるとともに剥落片の落下防止をはかり、さらに地盤変位の誘因と目される地下水位の上昇抑制を狙って、暫定対策として鋼アーチ支保工・金網張工・集水ボーリング工を実施した。

監視体制としては、トンネル内外に自動計測可能な地盤変位計測機器を設置し、遠隔地監視できるシステムを構築した。変位量等に対して管理基準値を設定し、超過時には警報メール送信、回転灯・電光表示板の点灯が連動する警報機器を設置・運用した。また、常時の現地状況把握のため WEB カメラを設置するとともに、定期的に目視点検を行う体制を構築した。

8. まとめ

本発表では調査・設計時には予見が困難な大規模かつ変位量が微小な地すべりによりトンネルが被災した事例を紹介した。一方で、想定外の事態となった場合でも、調査結果に基づき、現状の地盤変位の安定性評価を適切に行うことで、監視体制の構築、補強対策施工により通行止め解除を判断することが可能とした事例でもある。

調査・施工段階において、本事例のような大規模な地盤変位が起こりうることを意識することで、切羽の状況や微地形、その他の小さな異常に対しても、「気づき」を持てるのではないだろうか。それにより緊急時の体制構築や早い段階での対応・対策につなげられることを期待する。

なお、本トンネルでは地盤変位の範囲の特定および恒久対策を今後の検討課題と認識し、監視を継続していく予定である。

謝辞

本トンネルの変状確認から通行止め解除までの過程では、安全検討会の各委員に有益な議論をいただきました。ここに謝意を示します。