

泥質岩を掘削対象としたトンネルの変状と岩石の吸水膨張特性

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○川越健、正会員 太田岳洋

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 赤澤正彦、上野光

(株) ジェイアール総研エンジニアリング 石田良二

1. はじめに

変状を起こしやすい地山であることを計画、施工中に評価するための指標は多く提案されている。しかし、これらの指標を用いてもトンネル完成後の変状を予測できない場合がある。このような事象を防ぐためには、地質構造や割れ目の多寡など岩石試験のみでは把握が難しい項目にも着目する必要があると考えられる。本報告では泥質岩が分布する地域におけるトンネルの変状事例について地質的観点から分析を行い、さらに変状との因果関係が想定される割れ目の有無と岩石の吸水膨張特性について検討した結果を報告する。

2. 泥質岩を掘削対象としたトンネルの変状事例の分析

本報告で対象としたトンネル（以下、Aトンネル）は新第三紀鮮新世の泥質岩が広く分布する地域をほぼ東西に貫いている。一部の区間で、トンネル完成後にインバートにクラックの発生や盤ぶくれが生じ、アンカーなどによる変状対策が実施された。ここでは、その変状区間の一部についての検討結果を示す。当該区間の土被りは起点方で約 100m、終点方に向かって徐々に増大して約 150m となっている。掘削時の内空変位量は 40～60mm、天端沈下量は約 40mm であった。

変状に係わる地質的な要因を検討するために切羽観察記録の整理を行った。一般に、トンネルの変状に関係する地山の性状は、軟岩地山ではスレーキング、膨張性地山、亀裂質地山、断層があげられる¹⁾。まず、切羽観察記録中の観察項目の区分に着目した。主な項目の区分は、記録されたほとんどの切羽で、「切羽の状態：鏡面から岩塊が抜け落ちる」、「素掘削面の状態：時間がたつと緩み肌落ちする」、「風化変質：なし～岩目に沿って変色・やや強度低下」、「割れ目の頻度：5cm～1m」、「割れ目の状態：部分的に開口」、「湧水：なし・滲水程度」、「水による劣化：なし」、であり、変状に関係すると考えられる状況は読みとれなかった。そこで、スケッチおよびそこに記載されているコメントを整理した（図 1）。当該区間には砂質泥岩、凝灰質砂岩が分布しており、走向傾斜は概ね図中で右側から左側に向かって 30°程度の角度で傾斜する単斜構造を示すが、切羽での見かけの傾斜方向は著しく変化している。湧水は 370m～650m 付近の区間で滲みだし程度認められるが、それ以外の区間では「なし」、もしくは記載がなかった。割れ目は、多くのスケッチで複数の卓越する方

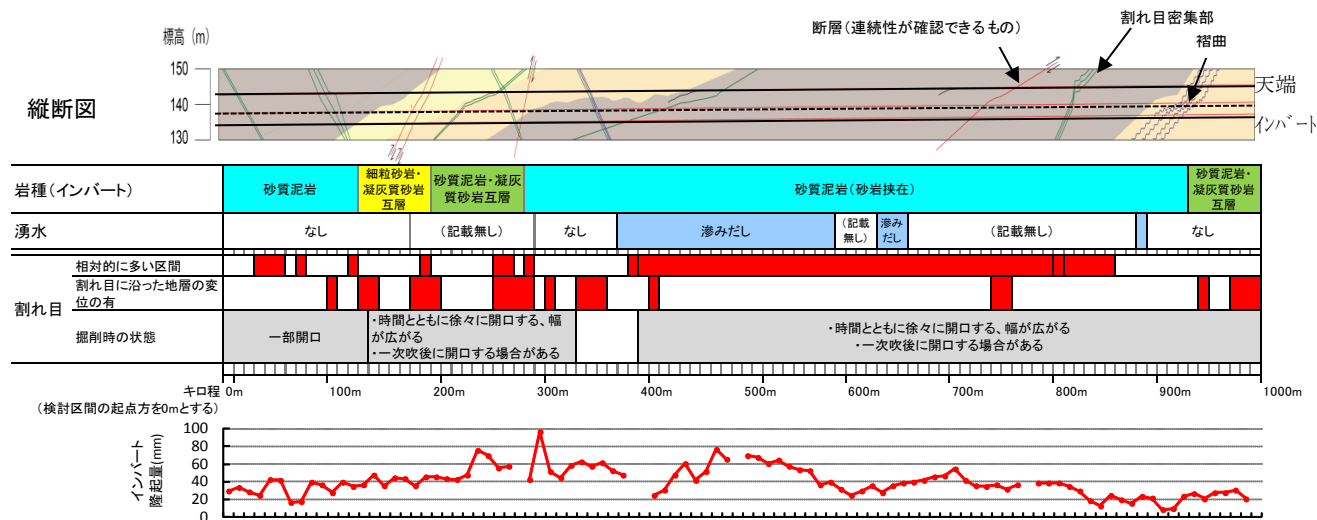


図 1 泥質岩を掘削対象としたトンネルの変状区間における地質の整理結果

キーワード トンネル変状、割れ目、吸水膨張特性、泥質岩地山

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL：042-573-7265

向が記載され、分布密度の増減はあるものの全体に割れ目の多い地山であったと考えられる。また、140m より終点方では、掘削後の時間経過とともに割れ目が開口する旨の現象が記載されていることから、掘削後に緩みを生じやすい地山と推測される。また、割れ目に沿って地層の変位が認められる(断層と推定される)箇所が 160m 付近, 280m 付近, 740m 付近にある。

検討した区間の全体にわたりインバートが隆起しているが、割れ目が多い区間で隆起量が相対的に大きく、地層境界がインバート下に分布する 280m 付近の割れ目に沿った地層の変位が認められた区間では、隆起量が特に大きくなっている。

3. 吸水膨張特性

A トンネルのインバート変状箇所のボーリングコアを用いた吸水膨張試験(JGS2121-1998に準拠)の結果と盤ぶくれ量の関係を図2に示す。なお、試験は棒状コアが採取された箇所で行った。盤ぶくれ量が大きい区間の試料は最大吸水膨張応力(以下、膨張応力)が大きい傾向にある。

A トンネルの検討事例から、変状には割れ目の多寡も関係する可能性があることから、割れ目を多く含む地山の吸水膨張特性を検討するために、古第三紀～新第三紀の泥質岩を対象に原位置で採取した試料を用い、CEC、スメクタイト(Sm)含有量試験²⁾を実施した(図3)。CEC の値、Sm

含有量が大きい試料では膨張応力が大きい傾向にある。しかし、それらの値が小さい場合でも実際に変状を起こした膨張応力が発生していることから、CEC の値などだけでは変状の可能性を十分に判断できない。また、割れ目を多く含む地山の試料では同様の CEC の値、Sm 含有量でも膨張応力が大きい場合がある。図4に吸水膨張試験、一軸圧縮試験の結果を示す。図中の含水比増加分(%)は吸水膨張試験実施前後の含水比の変化を示している。膨張応力と一軸圧縮強さは反比例の関係にあり、同時代の地層で比べると割れ目を多く含む地山から採取した試料は一軸圧縮強さが小さく、膨張応力が大きい。また、割れ目を多く含む地山から採取した試料は塊状の部分から採取した試料と比べて、同程度の含水比の増加で大きな膨張応力が発生する傾向にあることがわかった。このメカニズムを十分に解明するには至っていないが、トンネルの変状要因の一つとして割れ目の多寡も影響していると考えられる。

3. おわりに

今後、トンネル周辺の岩盤の強度劣化メカニズムを明らかにし、地質構造とトンネルの3次元的な関係とあわせて地質的要因、支保パターンがトンネルの安定性に及ぼす影響を整理していく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会岩盤力学委員会トンネル変状メカニズム研究小委員会編(2003): トンネル変状のメカニズム, 土木学会, pp. 48.
- 2) 桜井 孝・立松英信・水野 清(1986): 膨潤性粘土鉱物の簡易定量法の研究, 鉄道技術研究報告, No.1312

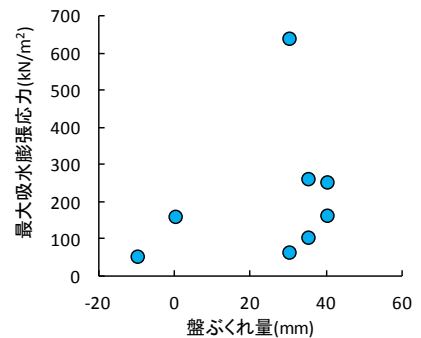


図2 最大吸水膨張応力と盤ぶくれ量の関係 (A トンネル)

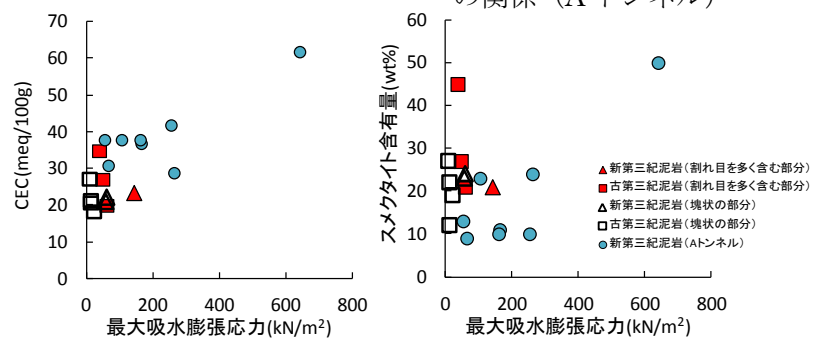


図3 吸水膨張応力と CEC, スメクタイト含有量の関係

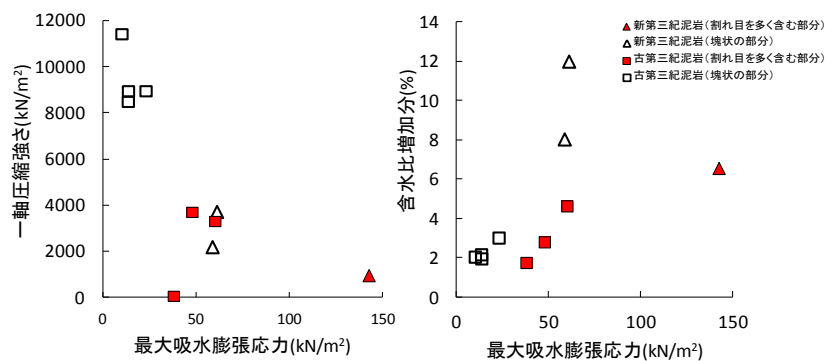


図4 吸水膨張応力と一軸圧縮強さ、吸水膨張時の含水比の変化の関係