

切羽観察記録からの将来的なインバート部地山の変位箇所抽出に関する考察

(独)鉄道・運輸機構 今地洋佑、今林泰史、正会員 後藤裕太郎、上野光
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○川越 健、正会員 嶋本敬介、正会員 野城一栄

1. はじめに

トンネル完成後に生じる盤膨れは、現状でも少なからず発生しており¹⁾、発生機構の解明や施工時点での発生箇所の抽出方法の確立が求められている。主として地山の影響による将来的な盤膨れの可能性を検討するためには、①既往事例と同様の地山性状の箇所、②そのトンネルの施工時にインバート部地山の変位、盤膨れが発生した箇所と類似の地山性状の箇所、を抽出する必要がある。この内①については、地山に関する様々な指標²⁾や、それに基づくインバートの設置、選定フロー³⁾が示されている。ここでは、泥質岩を掘削対象としたAトンネルを事例に、前述②について切羽スケッチや写真を含む切羽観察記録とインバート部地山の変位箇所との関係を検討し、切羽観察記録からの将来的なインバート部地山の変位の可能性が考えられる箇所の抽出方法に関して考察した結果を報告する。

2. 検討対象の地山

Aトンネルは中期中新世に堆積した泥質岩が分布する地域に位置している。既往文献⁴⁾では、同層に相当すると考えられる地層は層厚約300mの均質な泥岩からなるが、切羽観察記録からは起点方に向かって緩く下がる地質構造で、岩相の異なる泥質岩が累重していると考えられる。

3. 検討方法と結果

ここでは、主として切羽観察記録の記載とトンネル掘削中に定期的実施されたインバート部地山等の変位計測、岩石試験結果との対比による検討を行った。

切羽観察記録における「掘削地点の地山の状態と挙動」の項目(表1)を、掘削地点の地山の安定性(切羽の状態、素掘面の状態)、地山の力学的な硬さ(圧縮強度、風化変質)、割れ目の多寡(破碎部の切羽に占める割合、割れ目の頻度)、割れ目の状況(割れ目の状態、割れ目の形態)、湧水(湧水の見視での量、水による劣化)に項目分けして地質縦断図、インバート部地山の変位量とともに整理した(図1(a))。当該区間でインバート部地山の変位量の大小と定性的に感度が良いのは、「割れ目の多寡」に関する項目、条件の一つと考えられるのは「掘削地点の地山の安定性」があげられる。次に、浸水崩壊試験、X線回折によるスメクタイトの定量分析の結果、岩石の一軸圧縮強さ(針貫入試験から換算)を比較する(図1(b))。スメクタイトの含有量、一軸圧縮強さと地質性状、インバート部地山の変位量との間には明瞭な関係は認められない。石田⁵⁾は、一軸圧縮強さが5,000~10,000kN/m²以上であれば、スメクタイトの膨潤による岩石の強度劣化の影響は小さいことを示している。このことから、本報告の対象区間では粘土鉱物の影響は小さいかあまり無く、インバート部地山の変位は泥質岩の塑性化によると考えられる。浸水崩壊度は多くの箇所で区分「4」で、インバート部地山の変位量との関係はないことから、スレーキングのしやすさのみでインバート部地山の変位を決定論的には扱えないことを示している。また、内空変位量、天端沈下量が前後の区間と比べて相対的に大きな値の箇所でインバート部地山の変位が計測される傾向が認められる(図1(c))。

4. 考察

Aトンネルにおいて、計測によりインバート部地山の変位が比較的大きい箇所の地質的な特徴として、緩い角度で、割れ目が比較的多いと思われる層準や断層がインバート下に存在する区間と考えられる。そのため、

キーワード トンネル、インバート変位、類似箇所抽出、切羽観察記録

表1 「掘削地点の地山の状態と挙動」の項目

A	切羽の状態	1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れあるいは流出
B	素掘面の状態	1. 自立	2. 時間がたつと緩み肌落ちする	3. 自立困難掘削後早期に支保する	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある
C	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃ではね返る	2. $100 > \sigma_c \geq 20$ ハンマー打撃でくだける	3. $20 > \sigma_c \geq 5$ ハンマーの軽い打撃でくだける	4. $5\text{MPa} > \sigma_c$ ハンマーの刃先がくい込む
D	風化変質	1. 無し・健全	2. 岩目に沿って変質、強度やや低下	3. 全体的に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状破碎、当初より未固結
E	破碎部の切羽に占める割合	1. $5\% > \text{破碎}$	2. $20\% > \text{破碎} \geq 50\%$	3. $50\% > \text{破碎} \geq 20\%$	4. 切羽面の大部分が破碎されている状態
F	割れ目の頻度	1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} > d$ 破碎当初より未固結
G	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土をはさむ当初より未固結
H	割れ目の形態	1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状当初より未固結
I	湧水 目視での量	1. なし、渉水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水 (リットル/分)	4. 全面湧水 (リットル/分)
J	水による劣化	1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊・流出

切羽観察記録における「割れ目の多寡」に関する情報が、インバート部地山の変位の可能性を考える上で、定性的に有用と考えられる。また、素掘面の状態の点数が大きい箇所では、インバート部地山の変位が大きい傾向があるため、この項目も参考になると考えられる。一方、岩石試験結果はインバート部地山の変位の有無、量ともに関連性は認められず、特に地山強度比は標準等^{例えば2)}で示されている値では、対象とした区間での検討は困難といえる。A トンネルの例では塑性化しやすい条件を計測、観察項目から抽出することが有用である。また、地質構造が起点方に向かって緩い角度で下がっていくことを考慮すれば、掘削断面での変形の要因がインバート部ではやや起点方にずれて現れると考えられる。計測工 A は、一般には切羽の自立性や内空の安定性を主眼に実施される。今回の検討結果を踏まえれば、計測工 A の結果をインバート部地山の安定性に適用するためには、掘削実績に基づく地質縦断面図を作成し、そこから得られる地質構造を考慮する必要がある。

5. まとめ

将来の盤膨れ発生を予測する上では、個々の地山性状を踏まえた検討を行う必要があり、実績の地質縦断面図や展開図などを作成し、着目すべき観察や計測項目を抽出することが肝要である。

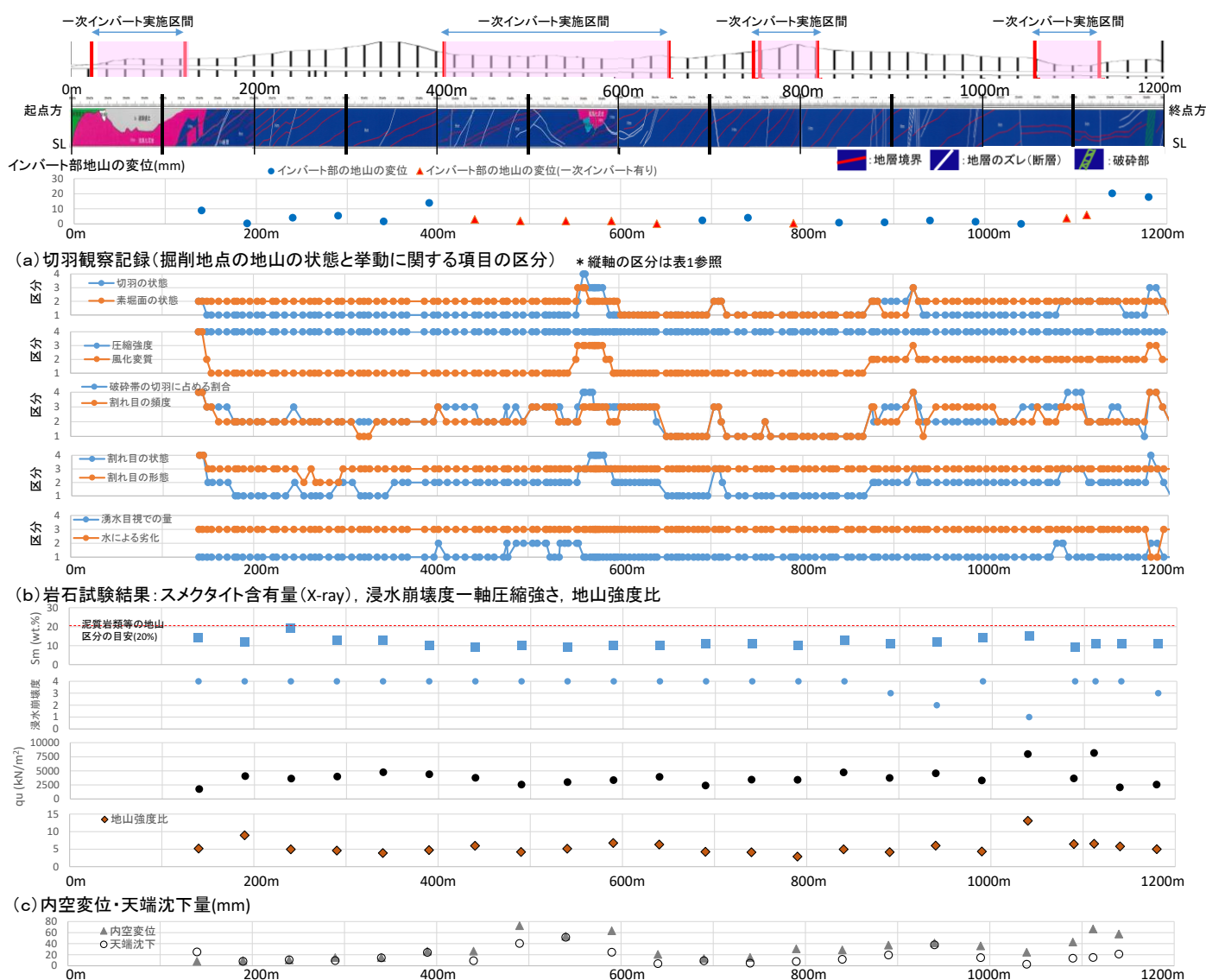


図1 掘削実績による地質縦断面図と計測工 A

[参考文献] 1)川越健他: 泥質岩中の割れ目密集部がトンネルの変状に与える影響の検討, 第44回岩盤力学シンポジウム講演集, No.53, 2016. 2) 土木学会: トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説, 2016. 3) 斉藤他: 山岳トンネルのインバート部変状に着目した地山評価と対応策, 土木学会第70回年次学術講演会, III-116, 2015. 4) 近畿地方土木地質図編纂委員会: 近畿地方土木地質図解説書, (財) 国土技術センター, p.124, 2003. 5) 石田良二: スメクタイトを含む軟岩の諸性質および劣化に関する基礎的研究, 早稲田大学学位論文, 1995.