

## 側壁に作用した粘土帯の塑性圧によるトンネル変状

(独) 鉄道・運輸機構 西真幸  
 (公財) 鉄道総研 正会員 ○川越健  
 (株) 国際航業 木谷日出男

## 1. はじめに

山岳工法で建設されるトンネルでは、掘削後に地山の変位の収束、つまり地山を含めたトンネルの構造体としての安定を確認した後に、二次覆工が構築される。しかし、現状では覆工構築後に地山に起因するひび割れや変形などの変状が発生する場合がある。特に盤膨れは施工中、供用開始後ともに度々報告され、それらの事象を受けてインバートの設置の有無や構造の選定方法が各機関から提案されている。アーチから側壁でも、掘削後長時間をおいてから変形が生じる場合もある。本報告では、内空の変位収束が確認されて長時間経過した後にトンネルの片側側壁が大きく変形した事例について、その推定メカニズムを地山性状の観点から報告する。

## 2. 変状区間の掘削状況と地山の概要

側壁の急激な変状が発生したAトンネルの当該区間は、当初  $I_{N-1}$  パターン (H125, c.t.c1.0, 一次インバート有) で掘削されたが、天端沈下、内空変位がともに 160mm 程度計測され、覆工の巻厚の確保が困難になったことからアーチ右側 (起点から見て、以下同様) の縫い返し (延長 25m 区間) が実施された。この原因として、切羽右肩に連続して確認され泥岩中の良く締まった粘土帯による影響が想定された。この縫い返しを終了してから約 2年8ヶ月経過後に右側 SL~肩付近で支保工の座屈、吹付けの変状が約 15m 区間で発生し、急激に変位が増大した。また、側壁付近での盤膨れが発生した。変状状況の写真を図-1 に、トンネル断面を図-2 に示す。なお、当該区間の起点方は  $I_S$  パターンと支保工としては今回の変状区間よりもやや重いパターンが採用されており、それらの区間を含め縫い返し後の過大な変位は確認されておらず、収束したと判断されていた。当該区間の地質は古代三系の堆積岩類からなり、砂岩、泥岩およびそれらの互層を主体とし、所々に凝灰岩類が挟まれる。付近には北北西-南南東に伸びる断層が分布している。



図-1 変状状況

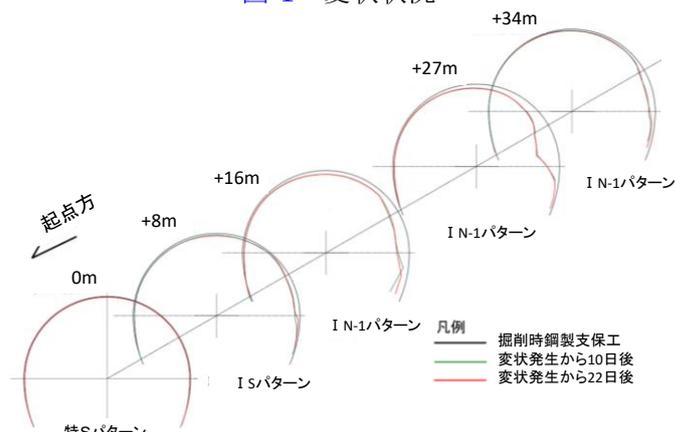


図-2 断面の変化

## 3. 変状の状況とその区間の地山状況

側壁の変状が発生した後の再掘削時の状況を図-3 に示す。また、切羽写真を基にした周辺の地質平面図 (SL位置) を図-4 に示す。再掘削時に切羽は自立しており、また天端から右肩では吹付けは地山と密着していた。側壁の変状箇所では周辺の地層の連続性を切って粘土

帯が認められた、この粘土帯は良く締まった状態で、灰色から暗灰色を呈し、せん断によると思われる条線や小角礫の含有が認められていた。この粘土帯の分布は図-4 に示すように、ほぼトンネルの右側壁に沿っており、トンネル軸に対して見かけ 50°程度の角度で右落ち傾斜していると推定される。また、この粘土帯にはほぼ側壁に沿って縦方向の開口した割れ目が複数確認された。これらの割れ目は湧水を伴っていない。

キーワード トンネル変状, 塑性圧, 地質性状, 粘土帯, 引張り

連絡先 〒183-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研 防災技術研究部 地質 TEL042-573-7265

再掘削時のロックボルト穿孔時ののみ下がりの情報から、この粘土帯の厚さは側壁から最大で 3m 以内と推定される。

#### 4. 変状発生メカニズムの推定

変状の状況から、当初掘削の際の縫い返し時には自立していた粘土帯が時間経過とともにトンネル内空側に押し出されるように塑性変形したと考えられる。

粘土帯中に発達する開口した割れ目は、内空側への急激な引張り応力が粘土帯内部に集中したことにより形成されたと考えられる。図-5 に再掘削時に設置したロックボルト軸力測定の結果を示す。右側壁に設置したものは計測開始直後からしばらくの間、値は小さいが浅い深度で圧縮が掛かっている。このことは粘土帯の塑性変形による内空側への押し出しがあったことを示唆する。

#### 5. おわりに

今回の事例の地質的な要因は、トンネル右側に数 m 幅で分布する低強度の粘土帯の塑性変形によると考えられる。割れ目が多く分布する地層でも同様の指摘がされており<sup>1)</sup>、周辺の地山に比べて強度が著しく低く、ある程度の幅のある断層や粘土帯についても、掘削断面外での位置、連続性、性状を確認し、掘削時の地山の自立性ととともに長期的なトンネルの安定性の観点からの支保構造もあわせて検討することが重要といえる。

#### 6. 謝辞

大島洋志委員長（日本応用地質学会名誉会員）、朝倉俊弘委員（京都大学名誉教授）をはじめとする「九州新幹線（西九州）トンネルの設計・施工に関する検討委員会」には当該トンネルの設計、施工に関して技術的なご支援をいただいた。記して謝意を表します。

【参考文献】1)川越他：泥質岩中の割れ目の密集部がトンネルの変状に与える影響の検討，第 44 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.295-300.

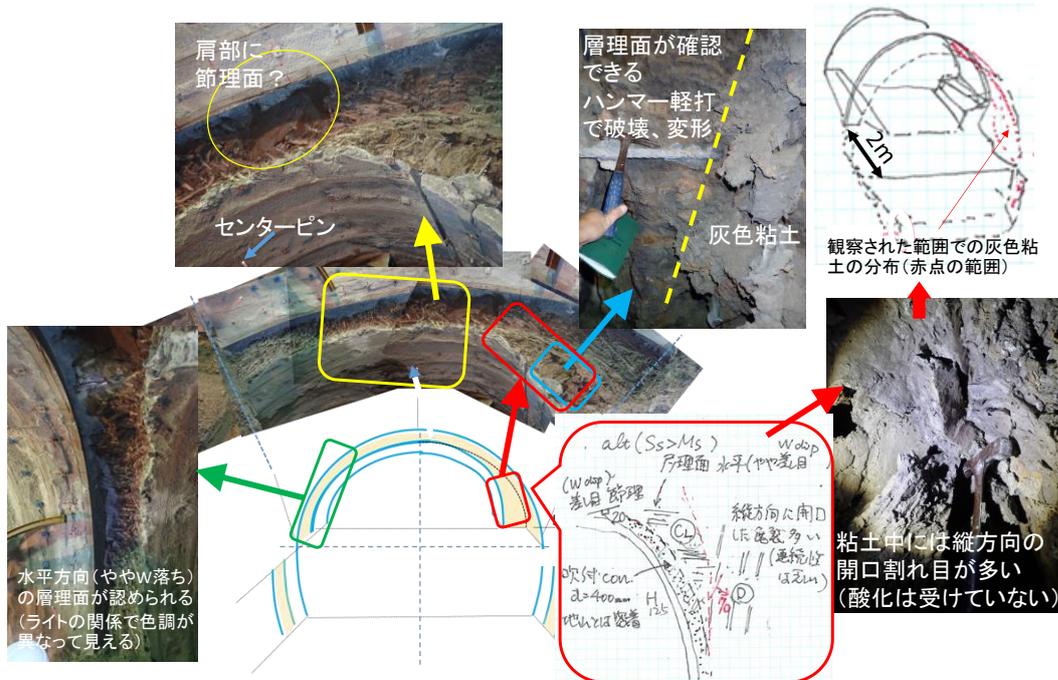


図-3 再掘削時の地山状況（図-2 の+25m 付近）

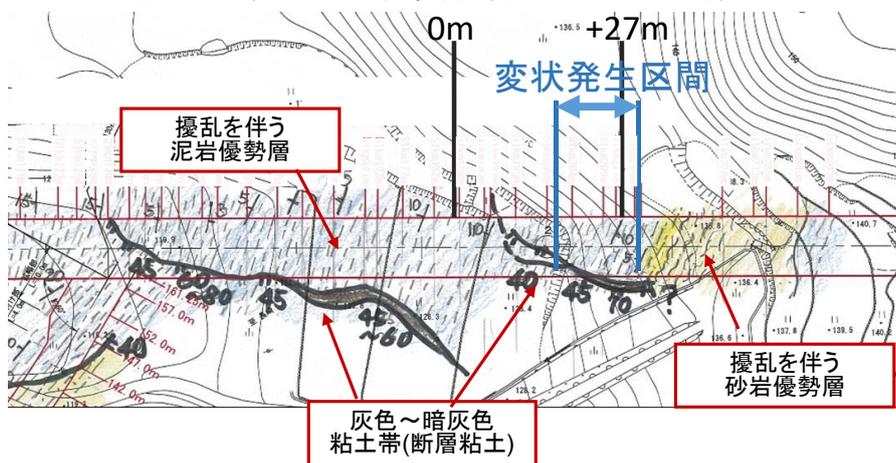


図-4 切羽写真を基にした地質平面図（トンネル SL 位置）

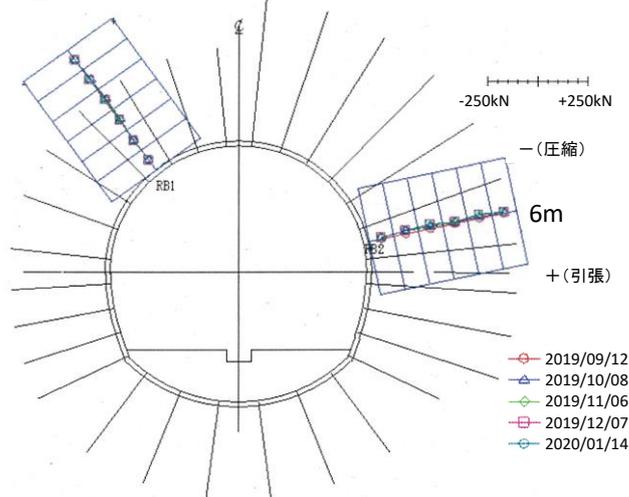


図-5 ロックボルト軸力測定結果（+26m，設置から約 4.0 ヶ月まで）