

P6. 地質に起因するトンネル変状事例について

Instances of deformed tunnel caused by geological settings.

○小笠原 洋（復建調査設計株式会社）

Hiroshi Ogasahara

1. はじめに

平成 24 年 12 月に発生した笹子トンネルの天井板落下事故以降、道路管理者はこれまで以上に老朽化対策に注力することが求められるようになってきており、道路トンネル定期点検要領が平成 26 年 6 月に定められるなど、トンネル点検は今後、より充実していくことが予想される。

そのトンネルで発生する変状について、文献¹⁾で過去事例での変状原因がまとめられており、「地圧」や「その他の外力」が少なくない割合を占めている（図-1）。一方、筆者がこれまで点検を実施した中国地方のトンネルでは、コンクリートの劣化や漏水に起因する変状がほとんどで、覆工背後の地山が外力として作用した事例は例外的である。中国地方は花崗岩や流紋岩など、塊状硬質岩盤が比較的広く分布することから、これらを反映し、トンネルに外力がかかりにくい可能性も考えられる。

以上のように、中国地方のトンネル点検においては、コンクリートの劣化や漏水が主たる点検ポイントとなっているが、一部のトンネルでは外力による変状が発生しており、また外力の影響が疑われるトンネルも潜在的には相当量存在すると考えられる。そこで本報告では、中国地方において少数である地質に起因するトンネル変状事例を概略的に報告し、今後の基礎資料とされることを目的とし、述べることにする。

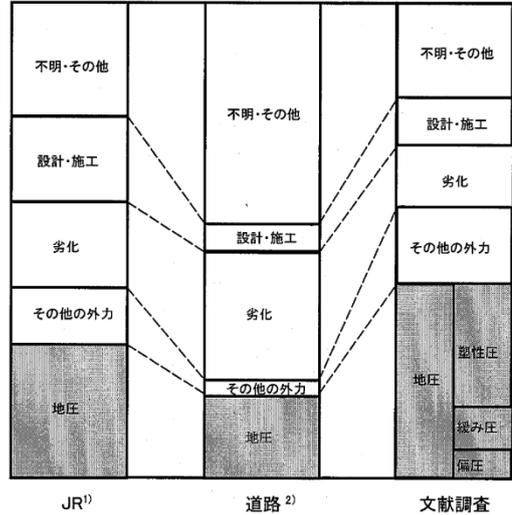


図-1 トンネル変状における原因の内訳¹⁾より引用

2. 供用後のトンネル変状原因について

トンネルの変状は様々な要因が複合的に絡み合って発生することが多く、文献¹⁾において図-2のような関連図としてまとめられている。これによると、地質に関連する事象として低い岩盤強度や未固結地山等、偏圧、岩盤の風化などが挙げられており、それらにより発生する地圧の形態を 1)塑性圧、2)緩み圧、3)偏圧に分類している。本報告においても、これら三つの分類にしたがって述べる。

3. 事例トンネルの概要

本報告では 4 トンネルの事例を報告する。うち 3 トンネルが広島県、1 トンネルが岡山県に位置しているが、これは筆者が広島県下のトンネル点検を多く実施したためで、地質に起因する変状トンネルは広島県に多いとは必ずしも言えない。

表-1 はこれら 4 トンネルの諸条件をまとめた一覧表である。いずれも在来工法で施工されており、竣工から年月が経過している。また、地圧の形態をみると偏圧が 1 トンネル、塑性圧が 2 トンネル、緩み圧が 1 トンネルであった。以下、各トンネルの詳細を述べる。

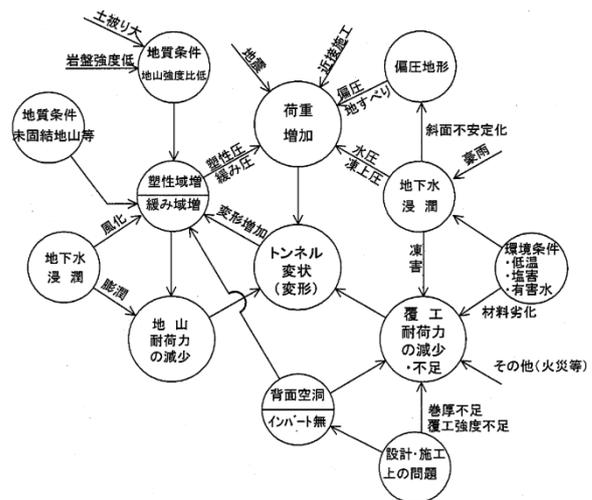


図-2 トンネル変状の関連図¹⁾より引用

表-1 地質に起因する変状トンネル 一覧表

名称	位置	NATM /在来	竣工年	概略土被り (m)	地質	変状の種類	地圧の形態	変状部の地質
A	広島県	在来	1934	10	花崗岩	断面の変形	偏圧	風化岩盤
B	岡山県	在来	1930	10	流紋岩	ひび割れ	塑性圧	盛土
C	広島県	在来	1950	50	流紋岩	断面の変形	塑性圧	熱水変質帯
D	広島県	在来	1965	17-23	花崗岩	岩盤崩落	緩み圧	カタクラサイト

4. A トンネル

A トンネルは現在は廃道となっており、使用されていない。トンネルは山から谷へ延びる尾根を貫いているが、トンネル内には山側を中心に著しいひび割れと変形が認められる。写真-1は平成20年秋に撮影されたものだが、目視でも覆工が変形しているのが確認できる。変形部は幅10mm以上のひび割れや覆工コンクリートのはく落が発生しており、平成26年夏にははく落が拡大していた。はく落箇所には背後地山が一部、顔をのぞかせている。A トンネルの周辺地質は花崗岩からなり、覆工周辺では岩盤等級D~CL級程度の亀裂質な花崗岩が確認される。

A トンネルの変状は、覆工コンクリートの経年劣化と背後岩盤の風化により、徐々に偏圧が大きくなり、進展しているものと考えられる。なお変状の発生時期は不明である。



写真-1 A トンネルの変状（変形）

5. B トンネル

B トンネルは上方に工場が立地しており、その直下を貫いている。点検時にこれらの変状が確認された。

本トンネルの変状は写真-2に示す坑口部にあり、坑口付近の覆工を横断する形で幅最大20mmのひび割れ、ひび割れ沿いのコンクリートはく落が確認された。また、坑口面壁にも多数のひび割れが確認された。

この原因を把握するため、このトンネル周辺の地表踏査や旧地形判読を行った結果、上方に位置する工場敷地を拡げるため、山裾に盛土が設置されたこと、それに合わせてトンネルが延伸されたことが確認された。ひび割れの発生区間は、この延伸区間に集中している。

以上の状況から、B トンネルの変状は、盛土の土圧（塑性圧）が覆工に縦断方向の外力を与え、変位させた結果、ひび割れが発生したことが考えられる。

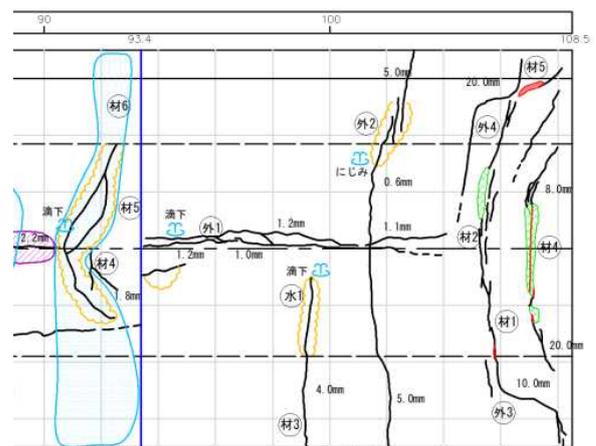


図-3 B トンネルの変状展開図

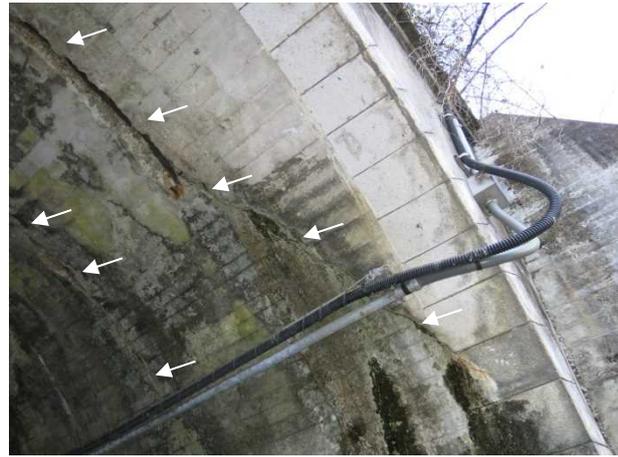


写真-2 B トンネル坑口（左）とひび割れ状況（右）

6. C トンネル

C トンネルは供用中のトンネルで、定期点検時に異常が確認された。

本トンネルの一部区間において、覆工天端部が約 15cm 変形・沈下しており、最大幅 20mm のひび割れが分布していた（写真-3，図-4）。また、ひび割れは天端から左側部にかけて併合しており、覆工はブロック化していた。地中レーダーとファイバースコープによる背面空洞調査を実施したところ、この区間は周辺より背面空洞が小さく、粘土質の土砂状岩盤が覆工に密着していた。

以上の状況から、この変状区間には背面地山が熱水変質帯が分布し、その強度がないために塑性的な外力がトンネルを変形・沈下させ、ひび割れを形成したものと考えられる。これらの変状はトンネル崩落につながる深刻なものであったことから、ライナープレート内面補強工により外力に対抗させることとした。



写真-3 C トンネルの変状

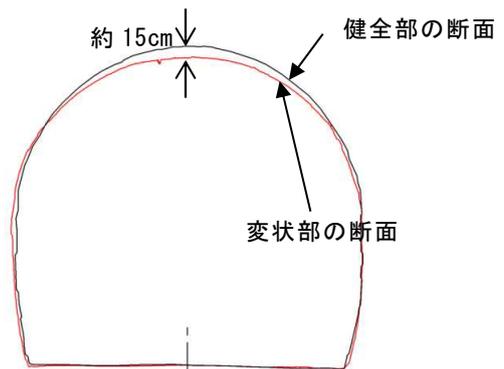
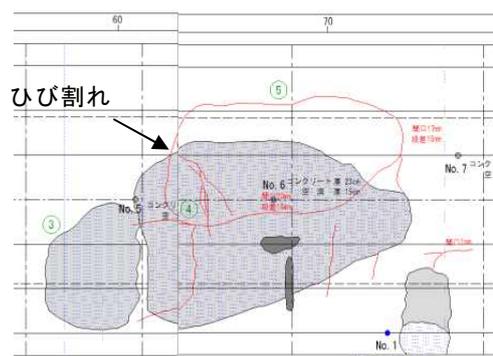


図-4 トンネル変状展開図（左）と断面形状（右）

7. D トンネル

D トンネルは広島市から呉市にかけて設置された水道トンネルであり、平成 18 年 8 月 25 日に突如、岩盤が崩落し、18 日間にわたって送水が停止した²⁾。

崩落後、トンネル内の状況を確認したところ、写真-4 のように岩盤が覆工を突き破って崩落し、トンネル断面を 10.6m 間にわたって閉塞するとともに、下流域に流出土砂が散乱していた。これを受け、崩落後の地上部からのボーリング、およびトンネル内の土砂撤去時の地質観察を実施し、崩落区間の地質状況を確認することとした。

図-5 は現地で採取した岩片である。崩落していた岩盤はカタクラサイト状の花崗岩と閃緑岩からなり、岩片は一見塊状だが、強く握ると簡単に割れる程度に軟質・亀裂質である。また、その分布方向は図-6 に示す地質図に示される断層帯に概略一致しており、大局的な地質構造に付随していると考えられる（図-7）。また地下水位観測から、降雨による地下水位変動も確認された。

以上の状況から、D トンネルの突発性崩壊は、カタクラサイト化した花崗岩・閃緑岩が地下水変動により浸食され、空隙が拡大した結果、発生したものと考えられる。



写真-4 D トンネルの変状 ²⁾より引用



図-6 崩落部のトンネル地質縦断面図 ²⁾より引用

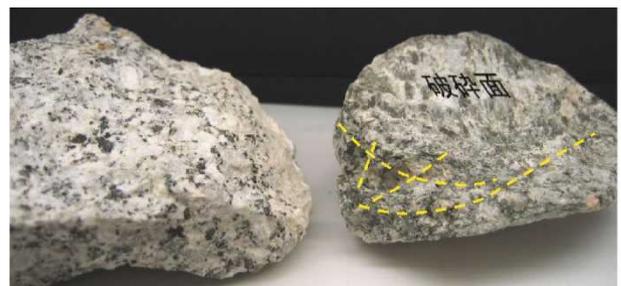


図-5 通常の花崗岩（左）と崩落地のカタクラサイト（右） ²⁾より引用

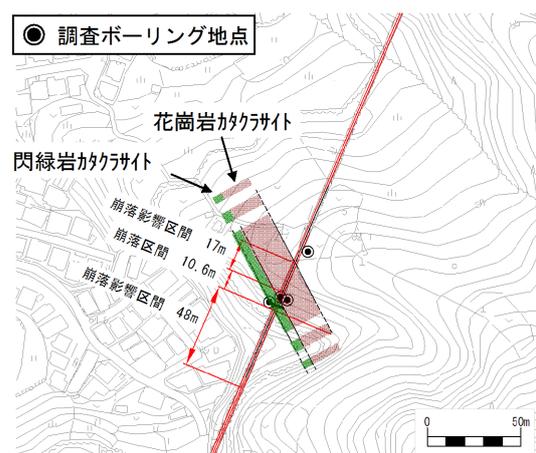


図-7 崩落地切羽から推測されるカタクラサイトの分布 ²⁾より引用

引用文献

- 1) 土木学会編（2003）：トンネルの変状メカニズム。
- 2) 小笠原ほか（2007）：送水トンネルの崩落事例とその原因について，地盤と建設，Vol.25, No.1, pp.127-132.