

泥質岩における地質構造、割れ目の多寡を考慮したトンネル建設時の調査

(公財) 鉄道総研 正会員 ○川越 健
 (公財) 鉄道総研 正会員 嶋本 敬介
 (公財) 鉄道総研 正会員 野城 一栄

1. はじめに

トンネル完成後に変形が生じ、構造物としての安全性が懸念される場合がある。トンネル完成後の変形には設計、施工、地山条件が関係する。この内、トンネル周辺地山に関係するメカニズムは十分に分かっていないため、トンネル建設時に完成後の変形を的確に予測することは現状では困難である。

筆者らは今まで、事例分析、岩石試験、数値解析などから、地質の3次元構造がトンネルの変形に及ぼす影響について検討を行ってきた。ここでは、それらの結果を踏まえた、泥質岩における地質構造、割れ目の多寡を考慮したトンネル建設時の調査について検討した結果を示す。

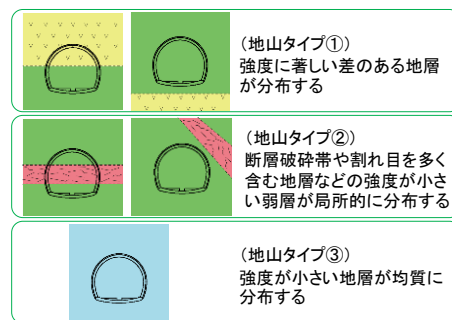


図1 地山タイプ¹⁾

2. 変状トンネルにおける地山性状

変形が生じたトンネルの地質構造は既往文献の整理から、図1に示すように大きく3つの地山タイプに分けられる¹⁾。これらを地山の強度の観点から整理すると同図中に示したようなこととなる。これらの地山タイプごとの完成後10年を経過した際の盤ぶくれ量を解析的に求めた。解析は3次元逐次解析と破壊接近度に応じた強度劣化モデルにより、掘削時から一貫してモデル化する解析手法を用いた²⁾。ここでは、全ての解析ケースにおいて土被り200m、側圧係数1.0、一般部の地山強度は地山強度比1.0とし、ベンチ長は支保パターンIN-1P、特SPともに3mとした。解析ケースを図2に、解析結果を図3に示す。同様の地山タイプでも地層境界や断層破碎帯などの弱層との位置関係によりトンネルの変位量が異なることが分る。また、ケース5やケース10のように弱層の上面がインバート下3mの位置にある場合で同様の地山タイプの他のケースに比べて大きな変位量が出ている。ケース10の解析で得られたせん断強度の分布を図4に示す。堅岩部のせん断強度の低下が深い位置まで及んでおり、このことが完成後の盤ぶくれ量に影響していると考えられる。

ケース番号	ケース概要	地質構造			トンネル構造
		タイプ	弱層の地山強度比 (Gf)	弱層の傾斜、厚さ	地層境界位置
1	2層境界 天端	地山タイプ①	Cf=0.3	水平堆積	天端
2	2層境界 SL				SL
3	2層境界 RL				RL
4	2層境界 インバート下				インバート下1m
5	2層境界 インバート下				インバート下3m
6	弱層境界 天端	地山タイプ②	Cf=0.3	水平堆積 厚さ2m	天端
7	弱層境界 SL				SL
8	弱層境界 RL				RL
9	弱層境界 インバート下				インバート下1m
10	弱層境界 インバート下				インバート下3m
11	Cf=0.3 流れ壁			断面方向水平、延長方向30° (流れ壁)	y=27m位置でSL
12	Cf=0.1 流れ壁				
13	Cf=0.3 受け壁				
14	Cf=0.1 受け壁				
15	Cf=0.1 流れ壁				
16	Cf=0.1 流れ壁				
17	均質Cf=1.0				
18	均質Cf=0.3				
19	均質Cf=0.3				
20	均質Cf=0.3				
17	均質Cf=1.0	地山タイプ③	Cf=1.0	-	なし
18	均質Cf=0.3				なし
19	均質Cf=0.3				なし
20	均質Cf=0.3				なし

図2 解析ケース

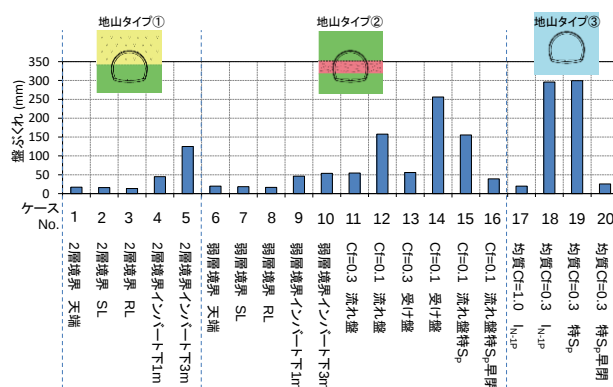


図3 解析結果

3. 既往の膨張性を示す指標とスレーキング指数

ここでは、建設時あるいは建設完了後に変状が生じた区間から採取した古第三紀の泥質岩、新第三紀の泥質岩、酸性凝灰岩を対象とした岩石試験結果を示す。

キーワード トンネル変形、地質構造、割れ目、調査法

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-3-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL:042-573-7265

図5にスレーキング試験の結果を示す³⁾。割れ目部と塊状部を比べると、古第三紀の泥質岩では塊状部と比べて割れ目部でスレーキング指数が大きい傾向にあるが、新第三紀泥質岩では明瞭な違いは認められない。新第三紀泥質岩が分布する地域で完成後にインバートの盤ぶくれが発生したAトンネルの試料(ボーリングコアから採取した試料)は全てが3または4である⁴⁾。スレーキング試験の結果と膨張性の指標などとの関係を図6に示す。スレーキング指数と各試験結果の間には明瞭な関係は認められないが、それぞれの関係で下限値と考えられる関係は見いだせる。例えば、スレーキング試験時の吸水率が小さい試料はスレーキング指数の下限値が小さい傾向にある。

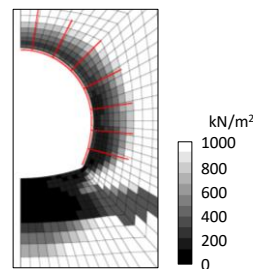


図4 完成後の地山のせん断強度の分布(ケース10)

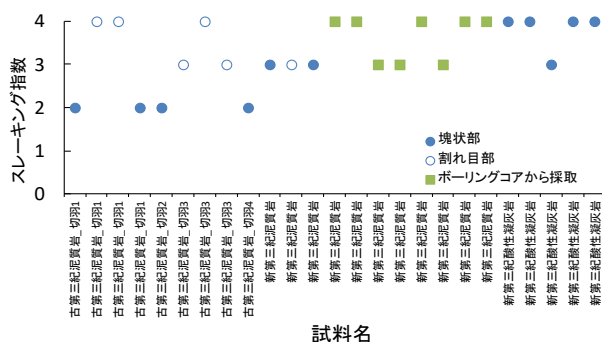


図-5 スレーキング試験の結果⁴⁾

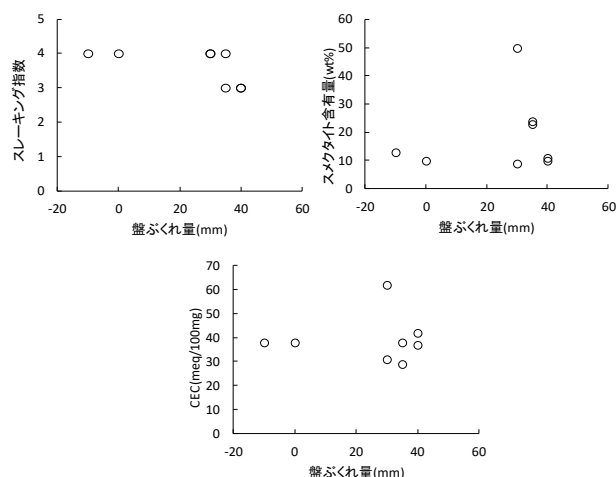


図-5 盤ぶくれ量と鉱物学的指標との関係⁴⁾

4. 地質構造、割れ目の多寡を考慮したトンネル建設時の調査

掘削後の時間の経過に伴う塑性域の拡大にともない割れ目が伸展、増加し、そのような箇所が例えばせん断帯の場合には、岩石の吸水による変化がトンネル覆工へ作用する圧力に影響することが考えられる。また、3次元数値解析の結果から、弱層とトンネルの3次元的な関係によっては完成後のトンネル変形の範囲は弱層とトンネル底盤が交差する区間よりも広い範囲に及ぶ可能性がある。これらのことから、建設時には割れ目が密集するなどの力学的な弱層の範囲の把握とその吸水膨張特性に着目した調査、計測が必要と考えられる。また、切羽の断面外の地質構造や分布する地質の性状を考慮したトンネルの設計が重要となると考えられる。

計測結果や既往の指標に加えて、割れ目に関する調査、試験などを行いトンネル周辺の地山性状を把握し、変形原因の推定を行う。この時、スレーキングや吸水膨張特性を把握することが有効と考えられる。なお、割れ目の影響を考慮して準岩盤強度⁵⁾による地山強度比を用いることも有効と考えられる。また、トンネル周辺の地層の分布を推定し、例えば図1に示す地山タイプ②に相当するなど、地質の3次元構造を考慮する必要がある場合はトンネル断面外の地層の分布を把握し、3次元逐次解析などの数値解析を行い変形メカニズムの把握や変形範囲を把握する。このような調査は、建設時の情報が十分にあれば、供用中のトンネルにおける危険箇所の抽出にも適用できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 川越健, 西金佑一郎, 野城一栄, 嶋本敬介, 石田良二: トンネルの変状に関わる地質構造と割れ目密集部の力学的性質, 日本応用地質学会平成26年度研究発表会講演論文集, pp.95-96, 2014.
- 2) 嶋本敬介, 野城一栄, 小島芳之, 塚田和彦, 朝倉俊弘: 建設時の影響を考慮した山岳トンネルの路盤隆起現象とその対策工に関する研究, 土木学会論文集 F1, Vol.69, No.2, pp.105-120, 2013.
- 3) 川越健, 嶋本敬介, 野城一栄: 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, 2016.
- 4) 川越健, 太田岳洋, 赤澤正彦, 上野光, 石田良二: 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, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, III-106, 2015.
- 5) 池田和彦: トンネルの岩盤分類, 鉄道技術研究報告, No.695, 1969.