

供用中トンネルの盤ぶくれに着目した地山性状に関する分析

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○小林 大助, 正会員 中野 清人, 正会員 山崎 哲也

1. はじめに

東・中・西日本高速道路(以下「NEXCO」という)が管理する山岳トンネルにおいて、供用後に路面が隆起する盤ぶくれが多く発生している(写真-1)。盤ぶくれにより、路面隆起量が大きくなると走行安定性の低下や建築限界を侵すなど車両走行時の安全性に支障をきたす。盤ぶくれの進行が顕著なトンネルでは、その対策として、路盤を深く掘削してインバートコンクリートを構築する工事を実施(写真-2)しているが、長期間の交通規制下で行うため社会的影響が大きい。このため、対策工の範囲や設計を合理的に検討することが重要となるが、盤ぶくれのメカニズムは十分に解明されていない。本稿では、その検討の基礎資料として盤ぶくれトンネルの岩石試験結果から得られた地山性状に関して分析し、その特性を報告する。



写真-1 盤ぶくれ発生状況

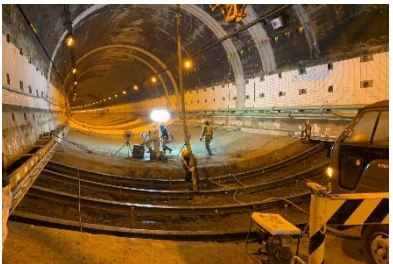


写真-2 追加インバートの施工状況

2. 地山性状に関する分析データ

NEXCOでは供用中の盤ぶくれ発生トンネルにおいて対策の必要性や対策工設計のためのトンネル変状調査として変位計測や各種岩石試験を実施している。これらの調査データを収集し、33 チューブにおける 211 箇所のデータを分析した。筆者らは供用中トンネルの盤ぶくれは、供用後 20 年以内に変状が顕在化している頻度が高いこと、新第三紀の堆積岩地域で変状発生が多いこと、盤ぶくれ箇所では変状していない箇所に比べて地山の一軸圧縮強さが相対的に低いことなどを報告している¹⁾。本稿では、盤ぶくれと含水比、単位体積重量、一軸圧縮強さの関係性、また、粘着力および内部摩擦角についても分析を加え、その特性を考察する。

3. 地山性状の分析結果

これまで盤ぶくれや膨張性地山において多くの研究が行われており、岩石試験から得られる項目によって、盤ぶくれ変状における判定指標が複数提案されている²⁾(表-1)。このうち日本道路公団判定基準(案)以外は、トンネル掘削時の膨張性地山の判定指標として提案されたものであるが、供用後の盤ぶくれの判定指標としても度々用いられている。ここでは、地山性状の分析にあたり、これらの指標を閾値(以下「判定指標」という)として変状箇所と未変状箇所を比較し整理する。

(1) 一軸圧縮強さと路面隆起量

一軸圧縮強さと路面の計画高との差分(路面隆起量)の関係は既に報告しているが¹⁾、本稿を報告するうえで重要なデータであるため再掲する(図-1)。変状箇所の一軸圧縮強さは判定指標(4N/mm²)以下が多く、未変状箇所は相対的に強度が高い傾向が見られる。ここで、未変状箇所においても路面計画高との差分があるがトンネル変状調査報告書では、コンクリート舗装の出来形管理基準値±20mm は未変状箇所として取り扱っておりこれを踏襲した。

表-1 盤ぶくれ変状における判定指標²⁾に一部加筆

項目	単位	日本道路公団 判定基準 (案) (2001)	※1 日本鉄道建 設公団(1977)	大塚ほか (1980)	佐藤他 (1980)	新宮他 (1982)
単位体積重量	KN/m ³	≦21	—	≦20.5	≦18(乾燥)	—
一軸圧縮強度	N/mm ²	—	—	≦4	—	—
自然含水比	%	≧20	—	≧20%	≧20	—
塑性指数	%	≧60	≧70(25)	≧70	—	—
2μm以下 粒子含有量	%	≧25	≧30(15)	≧30	—	—
吸水膨張率	%	—	—	≧2.0	—	—
浸水崩壊度	—	C~D	D	—	C~D	—
簡易スレーキン グ試験	—	3, 4	—	—	—	—
X線回折	—	モルタル含有量 ≧少量	主要粘土鉱物 がモルタル	—	モルタル 含有量≧30%	モルタル 含有量≧20%
CEC	cmol (+) /kg	≧20	≧35(20)	≧35	—	—

注1: 膨圧の可能性が非常に大きい地質の判定基準。
() 内は膨圧の可能性のある地質の判定基準

キーワード 盤ぶくれ, 地山性状, 岩石試験, 膨潤

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1629

(2) 含水比と路面隆起量

含水比と路面隆起量の関係を示す(図-2)。堆積岩の変状箇所は含水比が10%程度以上となっており、同じ堆積岩の未変状箇所と比較すると明瞭な関係が見られ含水比が路面隆起量に起因しているものと考えられる。一方、火成岩は路面隆起量と含水比の関係が見られず、含水比が10%程度以下でも変状が生じており、岩種の違いによって変状発生に与える影響の違いが伺える。また、一軸圧縮強さと異なり判定指標以下でも変状箇所が多い。

(3) 単位体積重量と含水比

単位体積重量と含水比の関係を変状の有無に分類して整理した(図-3)。変状箇所は、相対的に単位体積重量が小さく、含水比が大きい。また、変状箇所の単位体積重量と含水比において強い相関が得られた。堆積岩のみのデータであるため、(2)に示すように火成岩では変状要因に対する影響有無の違いが見られる可能性があり、分析を加えて確認する必要がある。

(4) 粘着力と内部摩擦角

粘着力(C)と内部摩擦角(ϕ)は、盤ぶくれ変状における判定指標(表-1)の対象となっていないが、三軸圧縮試験から得られた $C \cdot \phi$ 、変状の有無、堆積岩および火成岩に分類し整理した(図-4)。一般的にC地山とされる泥岩等の堆積岩と ϕ 地山である火成岩では初生的に地山物性値の違いがあるものの、変状箇所では岩種の違いに係わらず粘着力が相対的に低い傾向にある。一方、内部摩擦角と変状有無の関係は見られない。これは、対策設計時に実施する再現解析や予測解析に用いる、せん断強度低減方法を提案する根拠となり得る可能性がある。

4. まとめ

調査データの分析結果から以下の知見が得られた。

- ①変状箇所と未変状箇所の調査データを対比した結果、一軸圧縮強さ、含水比、単位体積重量、せん断強度(粘着力と内部摩擦角)について変状有無との関係性が確認できた。
- ②せん断強度(粘着力と内部摩擦角)は、変状箇所では粘着力の低下が生じており、対策設計時の数値解析における地山定数設定方法の提言に寄与する重要なデータが得られた。
- ③供用中トンネルの盤ぶくれ対策範囲を選定する新たな判定指標を設定できる可能性がある。

以上により、対策工の範囲や設計の検討に役立つ貴重なデータが得られた。今後も盤ぶくれ発生メカニズムの解明に向けて継続して研究を行っていく。

〈参考文献〉

- 1) 小林ら：供用トンネルにおける盤ぶくれの変状および地山性状の特性に関する分析，トンネル工学報告集，2022。
- 2) 大嶋ら：変状トンネルの要因分析に基づいたインバート設置基準の提案について，第11回岩の力学国内シンポジウム論文集，2002。

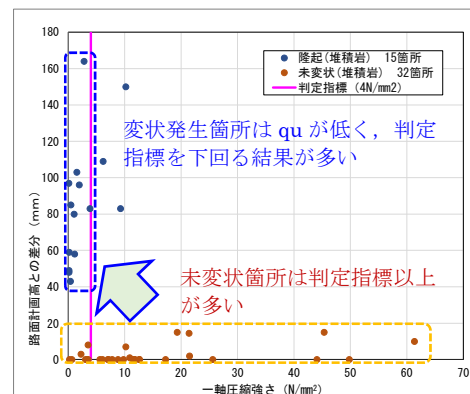


図-1 一軸圧縮強さと路面計画高との差

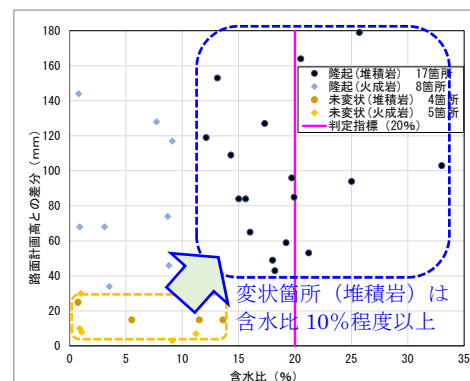


図-2 含水比と路面計画高との差

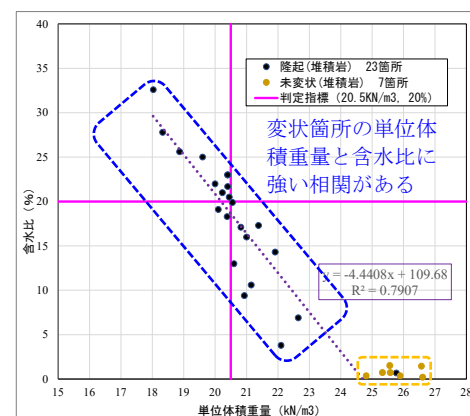


図-3 単位体積重量と含水比

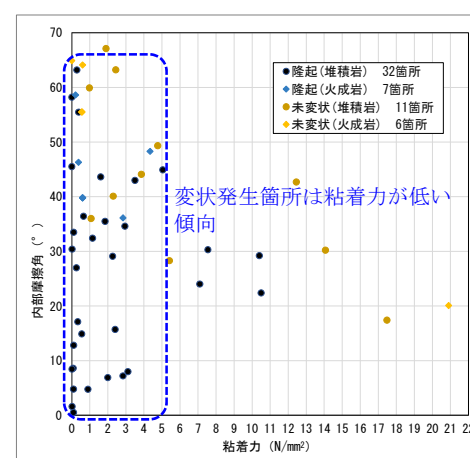


図-4 粘着力と内部摩擦角