

## 盤ぶくれ挙動の予測に関する検討

応用地質株式会社 正会員 ○越谷 碧衣  
 正会員 奥井 裕三  
 正会員 國村 省吾  
 高速道路総合技術研究所 正会員 前川 和彦  
 正会員 海瀬 忍

### 1. はじめに

盤ぶくれ対策を検討する場合に、盤ぶくれの進行状況、現状の把握および今後の挙動予測が重要となる。盤ぶくれの進行状況や現状把握は既存資料や現地調査等から把握することが可能であるが、今後の挙動予測については、これまでの変位の継時変化から予測式を用いて推定される方法が一般的であるが、その予測を検証した事例はない。また計測期間が短い場合には、予測式により得られる結果にバラツキが生じる。そこで、水による影響により地山が膨張したと考えられる盤ぶくれ現象において、地山の膨張性に着目して、膨張率試験で得られる現象から予測の可能性について検討した結果を報告する。

### 2. 盤ぶくれ調査概要

供用中トンネルでの盤ぶくれ現象は、トンネル完成直後から発生している場合と完成後数年を経て発生したと考えられる場合が見られる(図1)。数年経てから発生した場合においては、トンネル完成後からトンネル周辺の挙動について監視などモニタリングが行われていない場合が多く、変状の発生時期や推移が把握しがたいのが実情である。盤ぶくれ現象の調査を実施する場合には既存資料の整理分析、現状把握として変位測量およびトンネル周辺の地山状況を把握するために調査ボーリングが行われ、そのコアを利用して地山の力学特性、物理化学特性についての室内試験が行われる。

### 3. 拘束条件での吸水膨張率試験による膨張現象の把握

#### 3.1 膨張率試験方法の概要

盤ぶくれの発生原因の一因に水による影響が考えられる。水による影響を知るうえで吸水膨張率・膨張圧試験が実施される。岩石の吸水膨張現象の程度を把握する主な試験方法としては、非拘束条件での試験(JGS2121)と拘束条件での試験(ISRM-SM1999)がある。非拘束条件の場合は供試体を浸水させるだけである。拘束条件の場合(図2)は拘束圧として供試体上方から载荷し(载荷圧は、土被り圧が推奨。図中の「→1」)、その後、载荷圧を維持しながら浸水させ(図中の「→2, ↑3」)、任意の载荷圧まで減圧し(図中の「←4」)、载荷圧を維持する(図中の「↑5」)これを繰り返し、非拘束となるまで実施する。

#### 3.2 盤ぶくれ地山の膨張率の把握

試験に使用した地山試料は、完成後数年を経て盤ぶくれが発生したと考えられるトンネルで、隆起量が大きい箇所(隆起量120mm程度)とそれと同一岩種であるが隆起が見られない箇所でそれぞれ10m程度

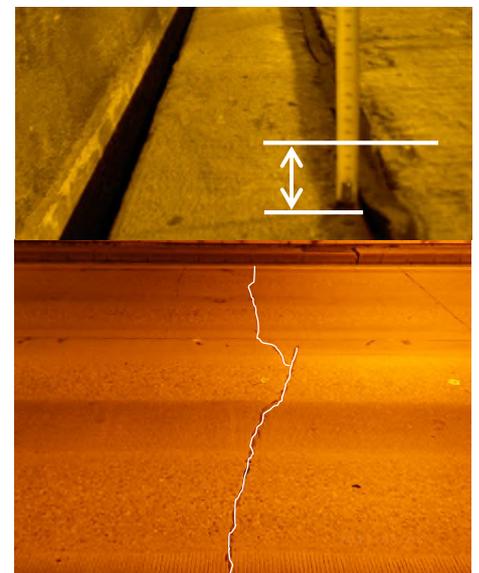


図1 盤ぶくれによる変状

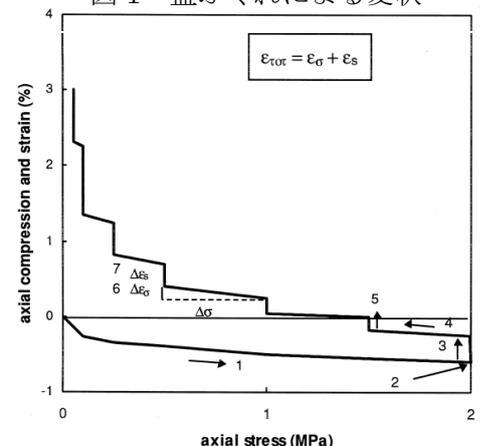


図2 拘束圧を考慮した膨張率試験の経路

キーワード 盤ぶくれ, 供用中トンネル, 変状予測, 膨張性, 室内試験

連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5 応用地質株式会社 TEL048-652-4956

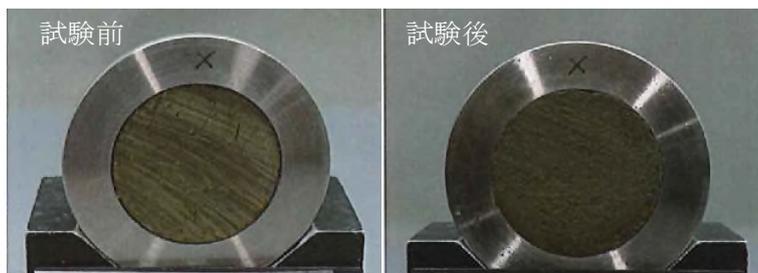


図3 拘束条件での膨張率試験結果例

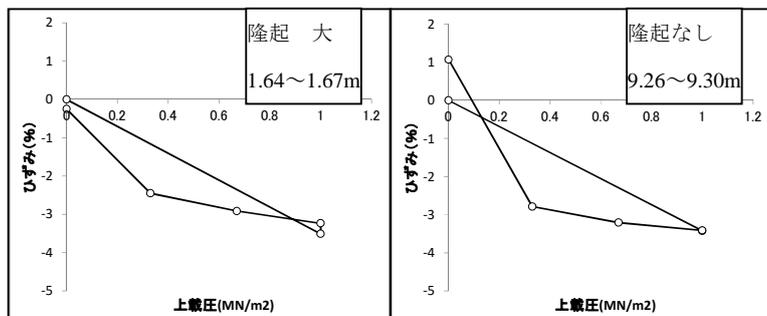


図4 拘束条件での膨張率試験結果例

表1 非拘束条件での試験結果

隆起 大	単位	No.1-1	No. 1-2	No. 1-3
		(1.26~1.70m)	(7.41~7.95m)	(9.20~9.85m)
吸水膨張率	%	5.55	3.73	13.9
吸水膨張圧	MN/m <sup>2</sup>	0.107	0.0906	0.201

隆起 なし	単位	No.2-1	No. 2-2	No. 2-3
		(1.40~1.78m)	(4.45~4.80m)	(7.60~7.90m)
吸水膨張率	%	1.17	8.33	0.48
吸水膨張圧	MN/m <sup>2</sup>	0.0151	0.166	0.0237

表2 拘束条件での試験結果

隆起 大	単位	初期載荷	吸水開始	除荷過程1	除荷過程2	除荷過程3
		上載圧力 1 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 1 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0.67 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0.33 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0 (MN/m <sup>2</sup> )
試験箇所 (1.64~1.67m)	%	-3.51	0.28	0.32	0.47	2.2
試験箇所 (4.84~4.87m)	%	-4.36	0	0.23	0.31	2.18
試験箇所 (7.82~7.85m)	%	-3.21	0	0.17	0.13	3.44

隆起 なし	単位	初期載荷	吸水開始	除荷過程1	除荷過程2	除荷過程3
		上載圧力 1 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 1 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0.67 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0.33 (MN/m <sup>2</sup> )	上載圧力 0 (MN/m <sup>2</sup> )
試験箇所 (1.33~1.36m)	%	-3.49	0	0.24	0.23	3.75
試験箇所 (7.84~7.87m)	%	-3.07	0	0.24	0.29	3.27
試験箇所 (9.26~9.30m)	%	-3.42	0.01	0.21	0.42	3.85

の鉛直ボーリングのコアを採取した。盤ぶくれ箇所の地山は泥岩で、浸水崩壊度は隆起が顕著な箇所で「D」、隆起が見られない箇所「C」であった。

表1に非拘束条件での吸水膨張率・膨張圧試験結果を示す。両箇所ともに吸水膨張率・吸水膨張圧ともに深度の違いでバラツキが見られる。表2に拘束条件での吸水膨張率試験結果を示す。隆起がない箇所の試験では深度によらずほぼ同様な挙動が得られた。一方隆起が大きい箇所の試験では最終的に非拘束圧条件とした場合の吸水膨張率が深度に応じて大きくなった。もっとも深い箇所は隆起がない箇所の挙動に近く、これまでの盤ぶくれ箇所の地中変位測定から隆起はおおよそ5m程度から生じている事例も多いことから水による劣化が発生していない状態と考えられる。このことから拘束条件での吸水膨張率試験で、岩石が潜在的に有する水の影響による膨張性の評価ができる可能性があると考えられる。

#### 4. 吸水膨張率試験の再現解析

拘束条件での膨張率試験結果を、二次元有限要素法で拘束圧-膨潤ひずみ関係と膨潤ひずみ-強度の関係を練成させる時間依存型の解析手法で再現解析を実施した。図5に拘束条件での吸水膨張率試験の再現解析結果を示す。再現解析の結果、荷重除荷時のひずみの経路および時間経過を再現した場合の収束ひずみがほぼ再現できた。

#### 5. まとめ

今回は拘束条件での吸水膨張率試験を実施し、採取深度に依らずほぼ同一の結果が得られることから、潜在的に有する水による膨張性を推定しやすくトンネル完成後の盤ぶくれの指標とできる可能性があることが分かった。また拘束圧-膨潤ひずみ関係と膨潤ひずみ-強度の関係を練成させる時間依存型の解析手法により吸水膨張の経路が再現できることから将来の予測に利用できそうである。今後はデータ数を増やして更なる検証を進めていく。

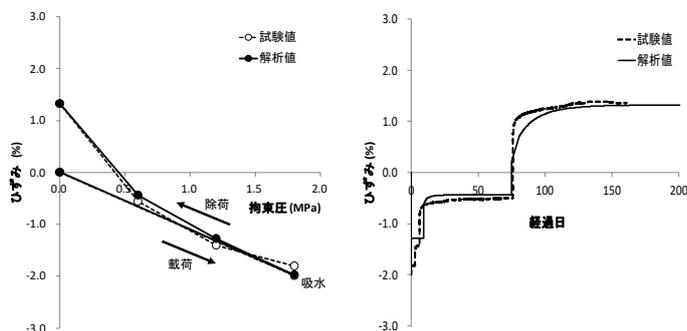


図5 拘束条件での吸水膨張率試験の再現解析結果