

劣化にともなう岩石の物性値変化に対する含水状態の影響

(株) フジタ

正会員 ○丹羽 廣海 正会員 村山 秀幸

(国研) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 岡崎 健治 山崎 秀策 正会員 伊東 佳彦

1. はじめに

山岳トンネルでは、地質の劣化に起因する路盤隆起などの変状被害が供用中に顕在化する事例が報告されている。こうした長期的な変状に対して、筆者らは弾性波速度を指標としたトンネル地質の健全性診断技術について検討をしている。既報²⁾では、岩石の劣化を模擬した室内実験から地質健全性評価指標として弾性波速度が有効であることを示した。本報では、試料の含水状態による弾性波速度に対する影響について考察する。

2. 岩石の長期劣化を模擬した室内実験

岩石の長期的な劣化を模擬するため、室内で試料を乾湿繰り返し条件におき劣化を促進して、弾性波速度を繰り返し測定した。使用した試料は表1に示す熱水変質を受けた安山岩と来待砂岩で、変質安山岩はトンネル施工中のインバート打設後に盤ぶくれを生じた箇所のボーリングコアである。試料は直径約 50mm、長さ約 100mm の円柱形に整形した。乾湿繰り返しは、約 1 日おきに 110℃の炉乾燥と 20℃の恒温水槽にて水浸を繰り返すことによっておこない、数サイクルでヘアークラックが生じ最終的に試料は崩壊した。弾性波速度測定の都度、ノギスで試料の長さおよび径をそれぞれ 3 箇所のあらかじめマーキングした位置で測定するとともに、電子天秤で見かけの質量を測定し見かけの密度を求めた。来待砂岩の乾湿繰り返しサイクルは 1 日おきではなく、長時間乾燥、浸水したが試料に劣化は認められなかった。図1に弾性波速度、見かけの密度の変化を時系列で示した。すべての試料において見かけの密度が 1 回の測定ごとに増減するのは、強制乾燥、強制湿潤により見かけの質量が増減するためである。図より No.1 と No.2 は、全体の傾向として P 波速度、S 波速度ともに次第に低下している。また、見かけの密度はわずかが全体として次第に低下する傾向にある。これらの結果から、変質安山岩は劣化の進行にともなって弾性波速度

表1 実験試料

試料番号	試料種別	岩種	試験条件	劣化の有無
No. 1	ボーリング コア	変質安山岩	乾湿繰り返し 炉乾燥⇄恒温水槽 (110℃) (20℃)	有り (崩壊)
No. 2		変質安山岩		
No. 3	標準試料	来待砂岩		無し

3. 地質劣化にともなう物性値変化

等方均質完全弾性体の場合、 V_p : P 波速度、 V_s : S 波速度、 ρ : 密度、 κ : 体積弾性係数、 G : せん断弾性係数とくと、弾性波速度と体積弾性係数、せん断弾性係数は式1、式2の関係にある。

$$V_p = \sqrt{\frac{\kappa + \frac{4}{3}G}{\rho}} \quad (\text{式 1}), \quad V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (\text{式 2})$$

測定された弾性波速度から、式2によって求めたせん断弾性係数と弾性波速度との相関を図2に示す。図より、No.1, No.2 は試料の劣化にともないせん断弾性係数が低下し、その変化は 500~4,000MN/m² 程度の幅を持つ。一方、劣化が認められない No.3 でもせん断弾性係数は 1,500~3,000MN/m² の幅を持って変化してい

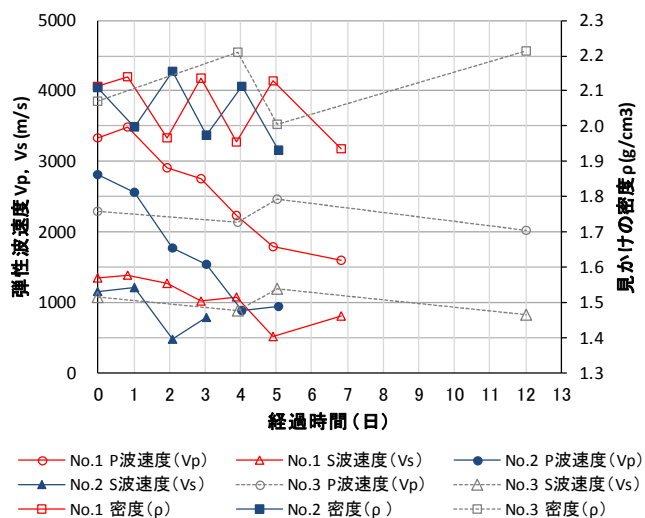


図1 弾性波速度と密度の経時変化

キーワード 長期劣化, 弾性波速度, 飽和度, せん断弾性係数, 時間依存性変状

連絡先

〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株) フジタ 技術センター 土木研究部 TEL 046-250-7095

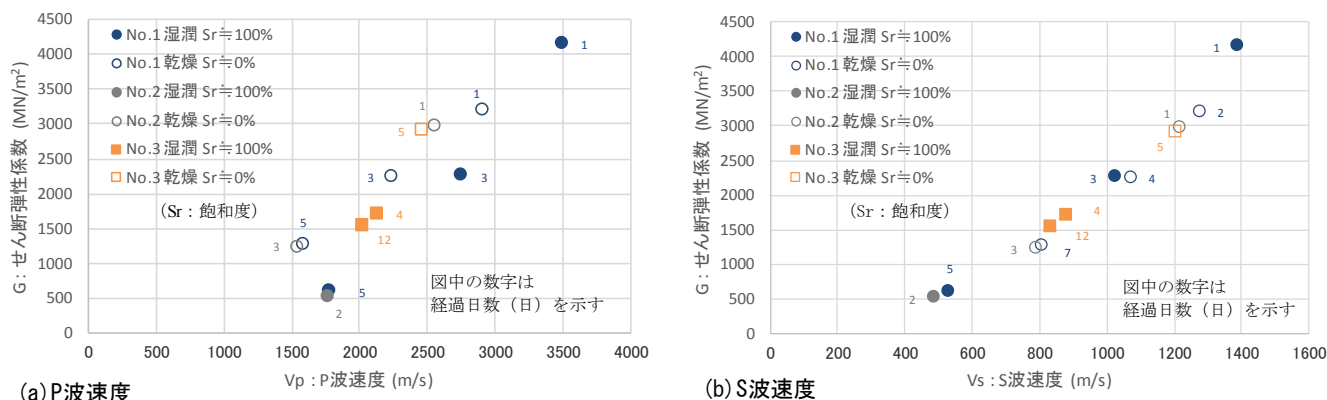


図2 弾性波速度とせん断弾性係数の相関

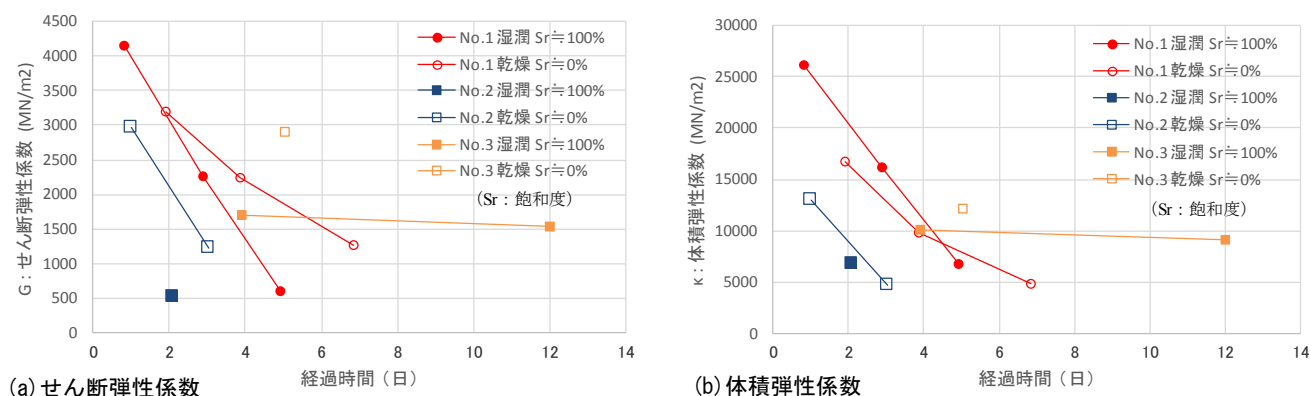


図3 弾性係数の経時変化

る。一般に土や岩石では、含水比、飽和度によって弾性波速度は影響される³⁾ことが知られており、乾湿繰り返しにともなう弾性波速度は試料の含水状態によって測定値が変化すると考えられる。図2の白抜きのプロット(○, □)は、約1日炉乾燥した直後に測定した値で試料の飽和度は0%と考えて良い。また、図中の塗りつぶしたプロット(●, ■)は、約1日水浸した直後に測定した値で、水中から取り出して測定するまでに時間差があることから完全な飽和状態とは言えないが飽和度はほぼ100%に近い状態にあると考える。図2(a)より、P波速度は湿潤状態と乾燥状態でせん断弾性係数との相関関係に違いがあり、湿潤状態の試料のほうが、P波速度が相対的に高い。一方、図2(b)より、S波速度は含水状態に関わらずせん断弾性係数との相関が良い。以上の傾向は、P波速度は岩石の強度に加えて間隙中の水の影響を受けて変化するが、S波速度は水の影響を受けず岩石の強度を反映するため³⁾と考えられる。そこで含水状態による影響を取り除くため、図3のように各試料のせん断弾性係数、体積弾性係数を湿潤状態、乾燥状態で区別して時系列に示した。図より含水状態で区別して見れば、変質安山岩のNo.1, No.2では劣化の進行にともないせん断弾性係数、体積弾性係数ともに低下しており、劣化が確認されなかったNo.3ではせん断弾性係数、体積弾性係数ともほぼ一定と評価できる。

4. おわりに

岩石の弾性波速度は含水状態により影響を受けるため、劣化にともなう物性値の変化を正確に反映しない場合がある。弾性波速度の変化から地質の劣化状態を精度良く評価するためには、測定時に対象岩石の含水状態や飽和状態をあわせて把握しておくことが必要になると考えられる。

参考文献

- 1)例えば、小島芳之・太田岳洋：地圧の作用による山岳トンネルの変状対策のあり方、応用地質、第54巻、第6号、pp.251~263, 2014.
- 2)丹羽廣海・村山秀幸・岡崎健治、大日向昭彦、伊東佳彦：熱水変質作用を受けた岩石の劣化に伴う超音波伝播速度の経時変化、土木学会第69回年次学術講演会講演概要集、pp.407-408, 2014.
- 3)例えば、八木則男、石井義明：土または岩石における超音波伝播速度とその力学特性、京大防災研究所年報第12号B、pp.77-88, 1969.