

多孔質軟岩の乾燥・飽和状態における強度・変形特性（その1）

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆
 信州大学工学部 学生会員○山脇大知
 (株) 土木管理総合試験所 熊田 正, 松山 寛

1. はじめに 多孔質軟岩を模擬した、炭酸カルシウム製の文具用チョークおよび市販のレンガを用いて、孔隙の異なる様々な供試体に対して圧縮強度および引張強度について検討を実施している^{1)~3)}。本文では、レンガに様々な削孔を行った供試体に対して、乾燥・飽和状態における S 波速度の計測を行った。

2. 試験概要 市販のレンガを乾燥させ、コア抜き・端面整形して試料とし、その後、卓上ボール盤を用いて、横方向に様々な大きさと数の削孔（内径 d mm）を行った。各ケース乾燥・飽和のそれぞれ 3 本の供試体に対して、超音波速度測定装置ソニックビューアーSX（応用地質株式会社、写真-1）を用いて、S 波速度の計測（岩石の弾性波速度計測方法（JGS2564-2020）に準拠）を実施した。固有振動数 100kHz の S 波発信・受振子を用い、密着圧力は 40 kN/m² とした。表-1 に供試体の一覧を示す。ここで、 D ：直径、 h ：高さ、 γ_d ：乾燥単位体積重量、 e_0 ：初期間隙比である。 γ_d および e_0 は、孔隙を無視した見かけの体積に基づいて算定した値である。飽和状態では、供試体の上下にステンレス製キャップ（ $D_1=50.19$ mm, $h_1=19.99$ mm, S 波の伝播時間 $t_1=7.00$ μ s, S 波速度 $V_{S1}=2857$ m/s）、同ペデスタル（ $D_2=50.17$ mm, $h_2=19.99$ mm, $t_2=7.25$ μ s, $V_{S2}=2762$ m/s）を設置し、ストレッチャーを用いて水中でゴムスリーブ（厚さ 0.2 mm）と O リングを装着して、ゴムスリーブ密封供試体（図-1 参照）とした。比較のため、乾燥状態においてもゴムスリーブ密封供試体の計測も行った。削孔の内径が小さいケース a, c では、表面張力により間隙および削孔に保水されるので飽和状態であるとして、キャップ・ペデスタル、ゴムスリーブを用いずに、単体での実測値も求めた。

3. 試験結果および考察 ゴムスリーブ密封供試体に対して、キャップ・ペデスタルを含めた S 波の伝播時間 t_{S-R} 、キャップ単体とペデスタル単体の伝播時間 t_1 と t_2 、供試体の高さ h を用いて、式(1)、(2)により、供試体単体の S 波速度の計算値 V_c を求めた。ゴムスリーブ密封供試体における補正前の S 波速度の実測値 V_G と V_c の関係を図-1 に示す。

$$t_c = t_{S-R} - t_1 - t_2 \quad (1), \quad V_c = h / t_c \quad (2)$$

ここで、 t_c ：レンガ供試体単体部分の伝播時間である。

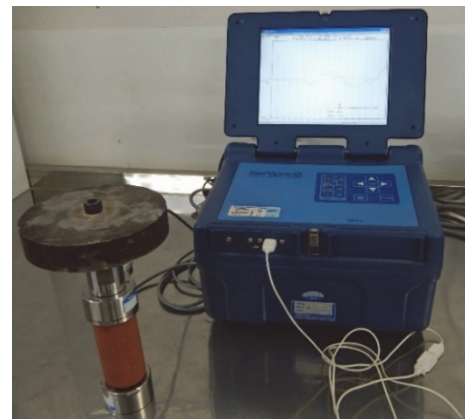


写真-1 超音波速度測定装置

表-1 レンガ供試体の初期状態

孔径	(a) $d=0$ mm	(b) $d=8$ mm $\times$ 3	(c) ($d=4$ mm $\times$ 5) $\times$ 4	(d) ($d=8$ mm $\times$ 3) $\times$ 2	(e) ($d=10.5$ mm $\times$ 3) $\times$ 2
D (mm)	49.85~50.11	49.94~50.08	49.63~50.16	49.98~50.06	49.89~50.03
h (mm)	93.00~95.10	93.11~94.37	91.18~94.52	92.69~97.12	93.19~95.41
γ_d (kN/m ³)	19.00~19.28	17.93~18.42	17.54~17.81	17.17~17.47	16.13~16.44
e_0	0.32~0.34	0.38~0.42	0.43~0.45	0.45~0.48	0.55~0.58
初期状態					

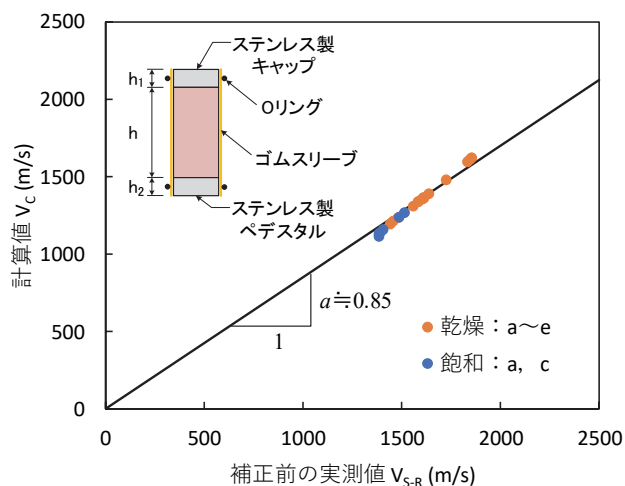


図-1 補正前の実測値（ステンレス製キャップ・ペデスタルとゴムスリーブ）と計算値の関係

乾燥・飽和状態にかかわらず、両者の関係は傾き $a \approx 0.85$ の原点を通る直線関係となる。

式(1), (2)により求めた計算値 V_c と供試体単体の実測値 V_s の関係を図-2 に示す。飽和状態については、ケース a, c の実測値を示した。乾燥・飽和の全てにおいて、両者の関係は傾き $\alpha \approx 1.25$ の原点を通る直線関係となる。すなわち、ゴムスリーブ密封供試体に対して式(1), (2)を用いて求めた計算値 V_c に対して、式(3)のように補正係数 α を適用することにより、飽和状態における供試体単体の S 波速度の評価値 V_s^* を求めることができる。

$$V_s^* = \alpha \cdot V_c \quad (3)$$

図-3 に乾燥状態（ケース a～e）と飽和状態（ケース a, c）の実測値 V_s および飽和状態（ケース b, d, e）の評価値 V_s^* と乾燥単位体積重量 γ_d の関係を示す。乾燥・飽和状態ともに、S 波速度は、 γ_d の減少に伴って減少し、孔隙の大きさや個数によらずそれぞれ 1 本の曲線関係となる。

図-4 に乾燥・飽和状態の S 波速度を比較して示す。孔隙の大きさや個数、実測値・評価値によらず、原点を通る直線で近似できる。S 波速度は飽和の方が乾燥よりも小さく、その差は 0.8 倍程度である。

4. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである。(1) 大きな空隙を有する供試体においても、ゴムスリーブ密封供試体を用いて式(1)～(3)を適用することにより、飽和状態の S 波速度を求めることができる。(2) S 波速度は飽和の方が乾燥よりも小さく、その差は 0.8 倍程度である。

【参考文献】1) 梅崎健夫ほか：石灰岩を模擬したチョークの圧縮および引張り強度に及ぼす孔隙の影響（その 1），第 54 回地盤工学研究発表会，2019. 2) 梅崎健夫ほか：石灰岩を模擬したチョークの圧縮および引張り強度に及ぼす孔隙の影響（その 2），第 55 回地盤工学研究発表会，2020. 3) 梅崎健夫ほか：石灰岩を模擬したレンガの圧縮強度に及ぼす孔隙の影響（その 1），第 56 回地盤工学研究発表会，13-2-5-06, pp.1-2, 2021.

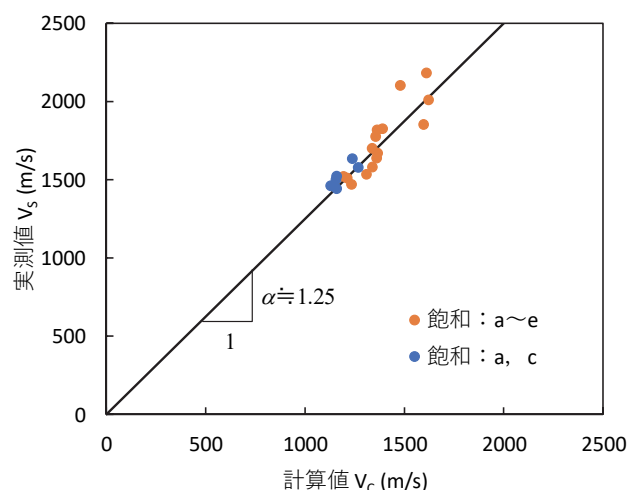


図-2 補正係数の決定

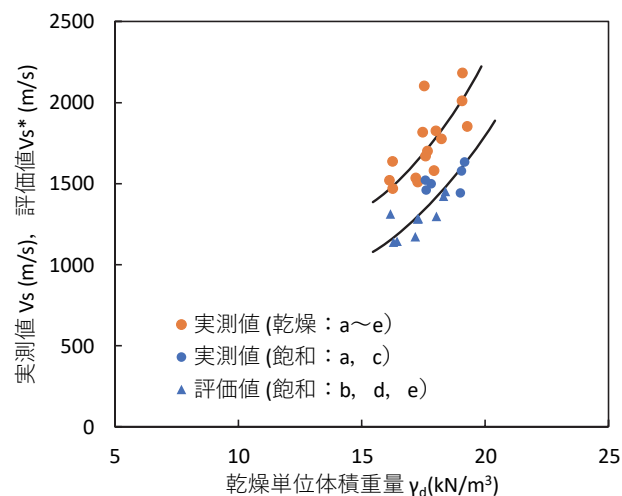


図-3 S 波速度と乾燥単位体積重量の関係

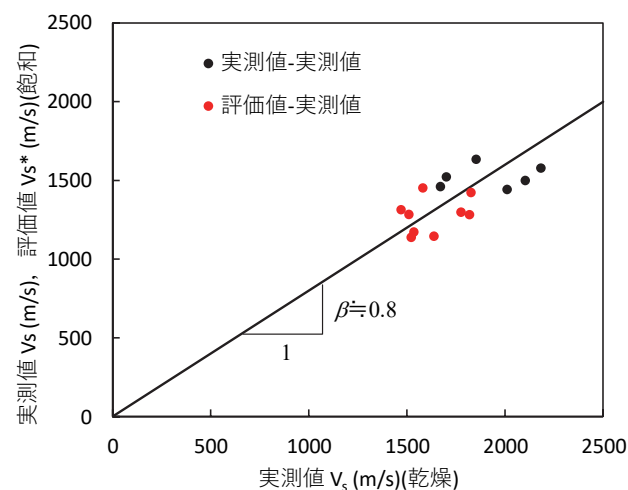


図-4 乾燥・飽和状態における S 波速度の比較