

石灰岩を模擬したチョークの圧縮強さに及ぼす間隙の影響 (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 非会員 森下航希

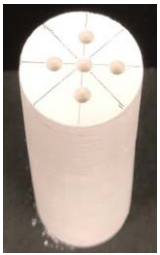
信州大学技術部 正会員 外谷憲之

1. はじめに 二酸化炭素を含む雨水を多孔質の陸域石灰岩の帯水層に貯留させることにより, 大気中の二酸化炭素濃度を削減させる技術の検討が進められている. しかし, その際に, 水中の二酸化炭素の影響によって, 石灰岩の主成分である炭酸カルシウムの溶解が生じて間隙が増加するため, 石灰岩層の脆弱化が懸念されている. 本研究では, 炭酸カルシウムで製造されたチョークに, 大きさおよび個数の異なる穴を開けて間隙の異なる供試体を作製し, 一軸圧縮試験を実施した. 圧縮強さに及ぼす間隙の影響を検討する.

2. 試験概要 石灰岩の主成分である炭酸カルシウム製のチョーク (日本理化学製ダストレス太字チョーク, 直径 24mm, 長さ 125mm, 含水比 $w \approx 0.3\%$, 粉体の密度 2.695g/cm^3) を試料とした. 長さ 57.2mm 程度に切断した後, サンドペーパーを用いた研磨によって, 両端面を平坦かつ平行に成形し, また, 周囲のコーティング加工を除去した. そして, 地下水が透水する間隙を模擬するために, 卓上ボール盤を用いて, チョークに貫通する内径 d mm の穴を開けて供試体とした. 表-1 に供試体の一覧を示す. ここで, e_0 : 初期間隙比, γ : 単位体積重量である. 各ケース 5~6 本の供試体に対して, 載荷速度 $0.1\%/\text{min}$ の一軸圧縮試験を実施した.

3. 試験結果および考察 表-1 に一軸圧縮試験におけるピーク強度時および残留強度時の供試体の状況の一例を示す. ピーク強度時には, 供試体の上下端面付近から縦にクラックが生じるものの, 供試

表-1 供試体の初期状態とピーク強度および残留強度時の状況の一例

間隙径	(a)オリジナル	(b) $d=7\text{mm}$	(c) $d=12\text{mm}$	(d) $d=15\text{mm}$	(e) $d=17\text{mm}$	(f) $d=3\text{mm} \times 5$	(g) $d=5\text{mm} \times 4$
e_0	0.655-0.690	0.836-0.857	1.223-1.266	1.788-1.866	2.507-2.882	0.799-0.818	1.001-1.055
$\gamma (\text{kN/m}^3)$	15.7-16.0	14.3-14.4	11.7-11.9	9.2-9.5	6.8-7.6	14.5-14.7	12.9-13.2
初期状態							
ピーク強度時							
残留強度時							

体に大きな変形は確認できない。残留強度時においては、上下方向に数本のクラックが生じ、部分的に剥離も見られるが、供試体全体が完全に崩壊するような状況には至っていない。

図-1 に圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係の一例を示す。両者の関係は供試体毎のばらつきはあるものの、いずれも原点から概ね直線的に増加する。そして、 σ はピークを迎えた直後に急激に減少するものの、その後ほぼ一定値に収束する残留状態を示す。

図-2 に単位体積重量 γ と一軸圧縮強度 q_u の関係を示す。チョークの一軸圧縮試験結果は、5~6本の試験結果とそれぞれの平均値を示した。図中の式は、琉球石灰岩の一軸試験結果から求められた q_u と乾燥密度 ρ_d の関係の近似式¹⁾を q_u と γ の関係に変換したものである。試験結果は、概ね近似式を上方に平行移動した式で表され、 γ が大きくなるほど q_u も大きくなる。すなわち、溶解によって間隙が大きくなった石灰岩の脆弱性は、自然岩の q_u と ρ_d または γ の関係をを用いて評価できる可能性が示唆される。

図-3 に一軸圧縮強度 q_u と残留強度 q_{res} の関係を示す。一軸圧縮強度は単位体積重量の変化に伴い、 $1.5 \sim 4.5 \text{ MN/m}^2$ の間で変化するものの、残留強度は $0.2 \sim 0.6 \text{ MN/m}^2$ の範囲の値である。溶解によって間隙が大きくなった場合においても、ほぼ一定の残留強度が発揮されると考えられる。

図-4 に一軸圧縮強度 q_u と変形係数 E_{50} の関係を示す。土質材料の場合は、一般に、 q_u が大きくなるほど、 E_{50} も大きくなり、両者の関係は原点を通る直線で近似できる。しかし、本試験においては、 q_u の増加に伴って、 E_{50} は増加傾向も見られるが、同程度の値である。

4. まとめ 水中の二酸化炭素の影響により、炭酸カルシウムの溶解が生じて間隙が増加する石灰岩をチョークを供試体として模擬した。一軸圧縮試験より得られた主な知見は以下の通りである。

①琉球石灰岩の単位体積重量 γ と一軸圧縮強度 q_u の関係を近似した既往の式¹⁾を用いることにより、溶解によって間隙が大きくなった石灰岩の一軸圧縮強度を評価できる可能性が示唆される。②間隙の大きさに関わらず、ほぼ同程度の残留強度が発揮される。③変形係数 E_{50} は、 q_u の増加に伴って増加する傾向も見られるが、同程度の値である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17H03310 (研究代表者：信州大学 中屋眞司) の助成を受けたものです。

【参考文献】1)小暮哲也, 青木久, 前門晃, 松倉公憲: 琉球石灰岩の一軸強度に与える寸法効果と岩石物性の影響, 応用地質, 第46巻, 第1号, pp.2-8, 2005.

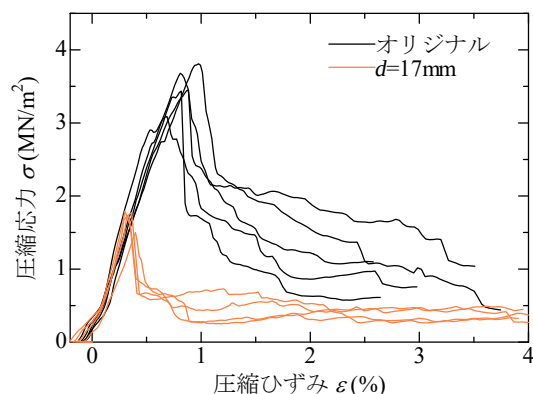


図-1 圧縮応力と圧縮ひずみの関係の一例

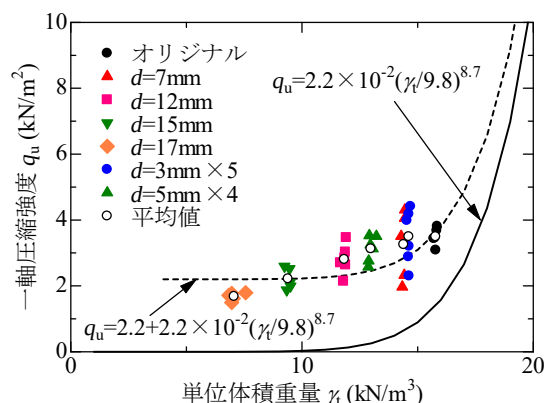


図-2 単位体積重量と一軸圧縮強度の関係

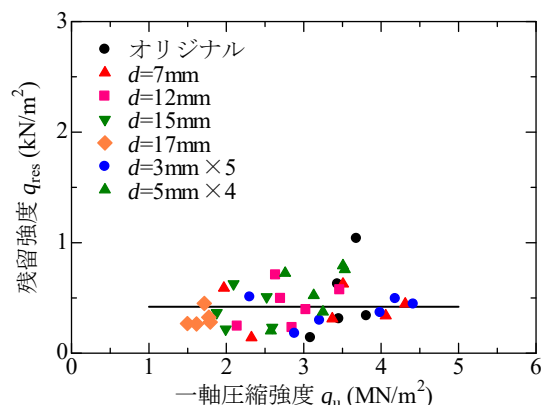


図-3 一軸圧縮強度と残留強度の関係

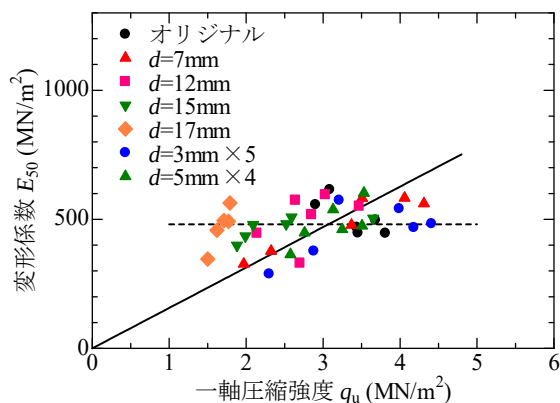


図-4 一軸圧縮強度と変形係数の関係