

# 粘土鉱物を混合した石膏供試体の物理・力学特性に関する実験的研究

鳥取大学 学生会員 ○竹原 裕太  
鳥取大学 正会員 河野 勝宣  
鳥取大学 フェロー 西村 強

## 1. 緒 言

一般的に、岩質材料の物理・力学特性は、含水量や粘土鉱物の含有量によって大きく変化することが知られている。しかし、粘土鉱物の種類および含有量の違いによって物理・力学特性がどのように変化するかについては明らかになっていない。そこで、本研究では、粘土鉱物と石膏を様々な割合で混合した石膏供試体を作製し、粘土鉱物の種類と含有量の違いによって、供試体の物理・力学特性がどのように変化するかについて実験を行った。

## 2. 供試体の作製方法および実験方法

天然の岩石試料を用いて実験を行う場合、同種の試料で粘土鉱物の含有量のみが異なる試料を得ることは極めて困難であり、粘土鉱物のみの影響を評価することは難しい。そこで、本研究では、粘土鉱物および石膏を様々な割合で混合した円柱供試体（直径 30 mm、高さ 60 mm）を作製した。円柱供試体は、粉末（粘土鉱物および石膏）に対して 8 割の蒸留水を加えてスラリー状にした後、固化して作製した。粘土鉱物の混合率は、0, 10, 20, 30, 40, 50%とした。本研究で用いた粘土鉱物は、カオリナイト（土粒子密度 $\rho_s = 2.577 \text{ g/cm}^3$ ）、1.0 nm ハロイサイト（ $\rho_s = 2.736 \text{ g/cm}^3$ ）、雲母粘土鉱物（ $\rho_s = 2.904 \text{ g/cm}^3$ ）およびスメクタイト（ $\rho_s = 2.848 \text{ g/cm}^3$ ）の 4 種であり、また、非粘土鉱物として石英（ $\rho_s = 2.662 \text{ g/cm}^3$ ）についても検討した。試料はいずれも 75  $\mu\text{m}$  ふるいを通過した試料である。なお、供試体の作製において、粘土鉱物と石膏による反応生成物は見られていない。

試験項目は、各種物理試験（密度、含水率、吸水率、飽和度、有効間隙率、P 波速度）および一軸圧縮試験を行った。なお、物理試験において、供試体の乾燥質量を求める際、間隙水のみを乾燥させるため、本研究では乾燥温度を 70°C とした。P 波速度測定および一軸圧縮試験は、自然乾燥状態および湿潤状態（本研究では供試体を 24 時間水浸）の供試体について行った。一軸圧縮試験の軸ひずみ速度は 0.1%/min とし、供試体本数は、各粘土鉱物含有量について 5 本ずつの計 260 本である。

## 3. 粘土鉱物－石膏混合供試体の物理・力学特性

(1) 粘土鉱物混合率と物理特性との関係 自然乾燥状態および湿潤状態における供試体の密度は、それぞれ、およそ  $1.0 \text{ g/cm}^3$  および  $1.4 \text{ g/cm}^3$  であり、粘土鉱物混合率 0% の密度とほぼ同値であった。また、粘土鉱物の種類や混合率の違いによる密度の大きな差は見られなかった。粘土鉱物混合率と物理特性（含水率、有効間隙率、P 波速度）との関係を図-1 に示す。自然乾燥状態における供試体の含水率は、10% 程度であった。一方、湿潤状態における含水率は、すべての供試体において粘土鉱物混合率 0% よりも増加した。有効間隙率は、粘土鉱物混合率の増加に伴い増加する傾向が見られ、スメクタイト混合率 50% が最も大きく 71.6% であった。P 波速度は、自然乾燥状態の方が湿潤状態よりも大きく、粘土鉱物混合率の増加に伴い、低下する傾向が見られた。

(2) 粘土鉱物混合率と一軸圧縮強度との関係 図-2 は粘土鉱物混合率と一軸圧縮強度  $S_c$  との関係であり、5 本の平均値をプロットしている。自然乾燥状態における粘土鉱物混合率 0% の  $S_c$  は 8.6 MPa であり、粘土鉱物の混合により  $S_c$  は低下した。ただし、1.0 nm ハロイサイト混合率 10%（ $S_c = 9.5 \text{ MPa}$ ）については、 $S_c$  は粘土鉱物混合率 0% よりも大きく、このことについては、既往の研究<sup>1)</sup>でも同様の傾向を示しているが、理由については今後の課題である。雲母粘土鉱物および石英混合率 20% では  $S_c$  は増加しているが、それ以外では粘土鉱物混合率の増加に伴い、 $S_c$  は低下傾向を示し、その低下の様相は粘土鉱物の種類によって異なる。一方、湿潤状態では、すべての供試体において自然乾燥状態よりも  $S_c$  は低下し、その様相は自然乾燥状態と異なる。なお、 $S_c$  の変動係数は、1.0 nm ハロイ

キーワード 粘土鉱物, 石膏供試体, 一軸圧縮強度

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101

T E L 0857-31-5297

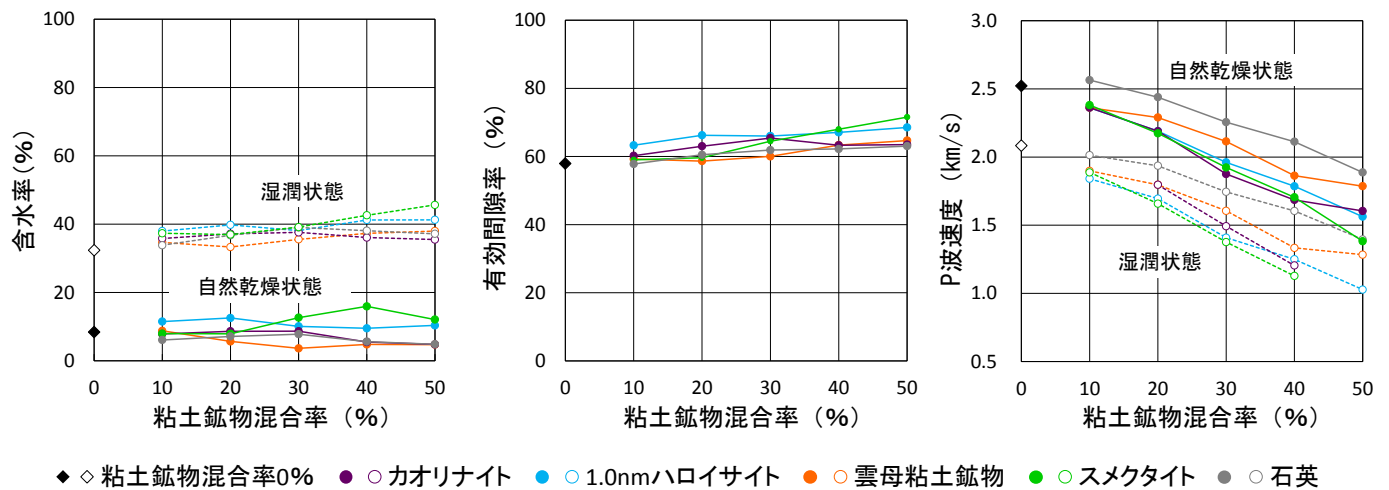


図-1 粘土鉱物混合率と物理特性との関係

サイト混合率 30%の 22.3%が最大であり、それ以外は 20%以下であった。

(3) 粘土鉱物混合率と強度変化率との関係 湿潤状態における一軸圧縮強度  $S_c$  が自然乾燥状態のそれよりどれだけ変化しているかを示すため、強度変化率  $SCR$  を次式によって算出した。

$$SCR = \frac{S_{c-wet} - S_{c-dry}}{S_{c-dry}} (\times 100\%)$$

ここで、添え字の **dry** および **wet** は自然乾燥状態および湿潤状態における一軸圧縮強度を表す。変化率が負の場合は、自然乾燥状態に比べて湿潤状態の一軸圧縮強度が低下していることを意味する。

粘土鉱物混合率と強度変化率との関係を図-3 に示す。粘土鉱物混合率 0% の  $SCR$  は -59.9%であった。カオリナイト、雲母粘土鉱物およびスメクタイト混合供試体は、混合率の増加に伴い  $SCR$  が大きくなる傾向が見られ、粘土鉱物の種類によってその様相は異なる。このことは、既往の実験結果<sup>2)</sup>と同じである。1.0 nm ハロイサイトおよび石英混合供試体では混合率増加による  $SCR$  に大きな変化は見られない。特に、石英混合供試体の  $SCR$  は混合率 10%を除くと、-60%前後で大きな変化は見られず、粘土鉱物混合率 0%と同程度である。このことから、粘土鉱物混合供試体の強度は非粘土鉱物混合供試体に比べて、より水の影響を受けやすいと考えられる。

#### 4. まとめ

粘土鉱物の種類・混合率と供試体の物理・力学的特性との関係をまとめると次のとおりである。(1) P波速度は、自然乾燥状態が湿潤状態よりも大きく、いずれの状態も粘土鉱物混合率の増加に伴い、低下する傾向が見られた。(2) 一軸圧縮強度は、自然乾燥状態の雲母粘土鉱物および石英混合率20%を除き、自然乾燥状態と湿潤状態ともに粘土鉱物混合率の増加に伴い低下する傾向が見られ、いずれの状態においても粘土鉱物の種類によって低下の様相は異なる。(3) 強度変化率は、粘土鉱物混合供試体が非粘土鉱物混合供試体よりも変化率が大きいことから、粘土鉱物混合供試体の一軸圧縮強度は、非粘土鉱物混合供試体に比べて、より水の影響を受けやすいと考えられる。

#### 引用文献

- 1) 五味信治・岡本将昭：土と基礎，Vol. 44, No. 5, pp. 21-23, 1996.
- 2) M. Kohno and H. Maeda: Int. J. Rock Mech. & Min. Sci., Vol. 50, pp. 147-157, 2012.

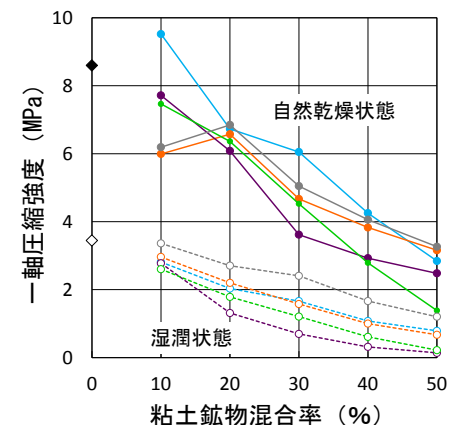


図-2 粘土鉱物混合率と一軸圧縮強度との関係 (凡例は図-1 と同じ)

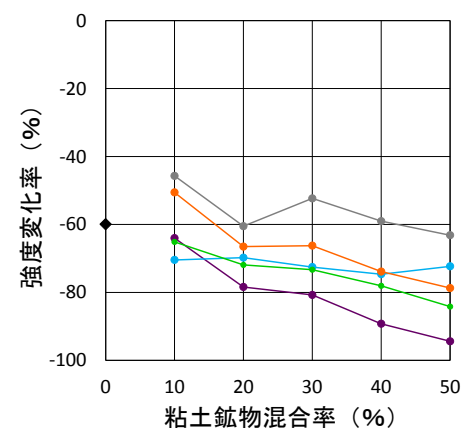


図-3 粘土鉱物混合率と強度変化率との関係 (凡例は図-1 と同じ)