

粘土鉱物を混合した人工軟岩のモードⅠ破壊に関する研究

鳥取大学	学生会員	○吉田 智彦
鳥取大学	正会員	河野 勝宣
鳥取大学	フェロー会員	西村 強

1. 緒 言

新生代に形成された堆積岩類や様々な変質作用を受けた諸岩類は粘土鉱物を含むことが多く、これらの岩類は岩石自体の強度が低だけでなく、含有粘土鉱物の影響による岩石組織の物理的、化学的な劣化度合いが大きい。また、含有粘土鉱物は地すべりなどの斜面災害、建設工事における盤ぶくれや崩壊等の要因の一つとして挙げられる。そのため、粘土鉱物を含む地盤材料や岩質材料の物性について検討した研究は各分野で多くなされ、粘土鉱物が岩石の強度低下に何らかの影響を及ぼすことが明らかになっている。しかし、強度低下に影響を及ぼす粘土鉱物の種類について研究した例は非常に少ない。河野ほか¹⁾は、粘土鉱物を混合させた石膏-粘土鉱物混合供試体を作成し、一軸圧縮試験を実施した結果、乾燥状態における供試体の一軸圧縮強度は粘土鉱物の種類によって大きな差がみられることを報告した。本研究では同様の手順で粘土鉱物と石膏を混合し、切欠きを有する人工軟岩供試体を作成し、三点曲げ試験を実施した。本報告では、粘土鉱物の種類・混合率と曲げ強度、応力拡大係数との関係について考察した結果を報告する。

2. 供試体の作成および実験方法

既往の研究¹⁾と同様の配合割合、作成手順で人工軟岩供試体(図-1)を作成した。ただし、粉末(石膏、石英、粘土鉱物)を攪拌し型枠に流し込む際、切欠き作成用のナイフを挿入した。粘土鉱物の種類はスメクタイトとカオリナイト、粘土鉱物混合率 C_c は 0%, 10%, 20%, 切欠き長さ a (図-1) は 0 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm である。供試体は C_c と a を組み合わせた全 20 種、各種 3 本ずつ作製した。三点曲げ試験は、恒温室 ($22 \pm 1^\circ\text{C}$) で行い、供試体の含水状態は乾燥状態(供試体を 70° で 24 時間乾燥させた)とし、載荷点を $\delta=0.01\text{mm/min}$ の速度で降下させて、必要となる力を荷重計で計測した。

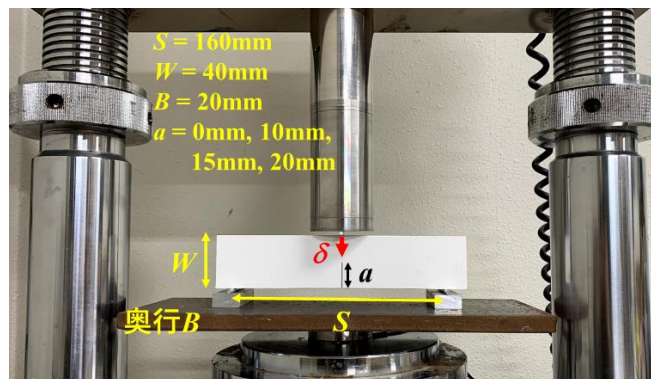


図-1 三点曲げ試験

3. 三点曲げ試験結果

3.1 粘土鉱物混合率 C_c と曲げ強度 σ の関係

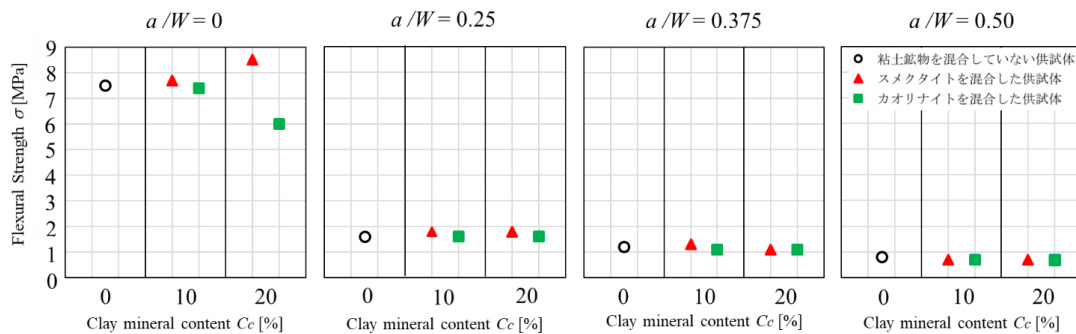
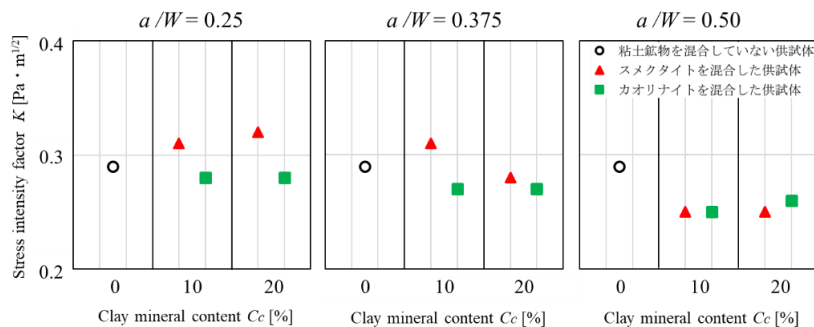
図-1の供試体中央部(切欠きの延長線上)における曲げ強度 σ は、三点曲げ試験で得られた破壊荷重 P をもとに(1)式で算出される。

$$\sigma = \frac{3PS}{2BW^2} \quad (1)$$

図-2は a/W ごとの、 C_c と σ の関係を示している。同図には、それぞれ3本の供試体の試験結果の平均値を示した。 $a/W=0$ のときでは、スメクタイトを混合した供試体の σ は $C_c=0\%$ のときの σ と比較し、 $C_c=10\%$ のときは3%増加、 $C_c=20\%$ のときは13%増加している。カオリナイトを混合した供試体の σ は $C_c=0\%$ ときの σ と比較し、 $C_c=10\%$ のときは1%低下、 $C_c=20\%$ のときは20%低下している。よって、 $a/W=0$ のときの供試体の σ は、粘土鉱物の種類や C_c によって異なることがいえる。また、スメクタイトを混合した供試体およびカオリナイトを混合した供試体において、 C_c の増加に伴う σ の増減は、既往の研究¹⁾における一軸圧縮強度と同様の傾向であった。次に、図-2の切欠きを有する場合に着目する。 $C_c=10\%$ および $C_c=20\%$ での σ を粘土鉱物の種類ごとに比較すると、 a/W が同じであれば C_c によらず σ は同程度の値である。また、 a/W ごとに σ を比較すると、粘土鉱

キーワード 粘土鉱物, 人工軟岩, モードⅠ破壊, 曲げ強度, 応力拡大係数

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学大学院 TEL: 0857-31-5291

図-2 粘土鉱物混合率 C_c と曲げ強度の関係図-3 粘土鉱物混合率 C_c と応力拡大係数の関係

物の種類と C_c に関係なく a/W が大きくなるにつれて σ が同程度の値をとるようになり、その値は低下していることがわかる。さらに、切欠きを有する供試体の $C_c=10\%$ と $C_c=20\%$ での σ の差は $a/W=0$ のときと比較して非常に小さいものである。これらのことから、切欠きを有する供試体の σ は、粘土鉱物の種類や C_c よりも切欠き長さの影響を受けているといえる。

3.2 粘土鉱物混合率 C_c と応力拡大係数 K の関係

図-3 は C_c と応力拡大係数 K の関係を示したものである。応力拡大係数 K ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$) は、き裂を含む弾性体の形状や境界条件を考慮した係数 F を導入して (2) 式で算出される。

$$K = \sigma_0 \sqrt{\pi a} \cdot F \quad (2)$$

ここで、 σ_0 は公称曲げ応力で (3) 式で算出される。

$$\sigma_0 = \frac{3PS}{2W^2} \quad (3)$$

また、本試験では $S/W=4$ より $\xi = a/W$ として、 F は (4) 式²⁾で算出した。

$$F = 1.090 - 1.735\xi + 8.20\xi^2 - 14.18\xi^3 + 14.57\xi^4 \quad (4)$$

(2) 式において、 K は σ_0 の値によって決まることから、図-3 の各点は図-2 と同様の傾向を示すことがわかる。ここで、図-4 は三点曲げ試験時に撮影したき裂の様子 (図中の矢印は亀裂の先端部を示す) であるが、 a/W が同じでもスメクタイトを 20% 混合した場合、き裂

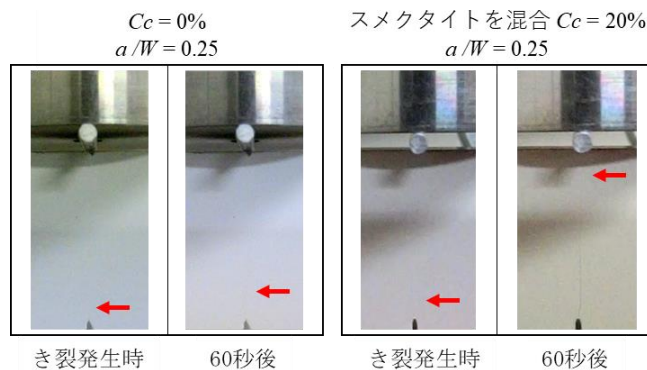


図-4 三点曲げ試験時に撮影したき裂の様子

進展速度が速くなったことがわかる。これはカオリナイトにおいても同様であった。したがって、粘土鉱物の種類と C_c は、き裂進展速度に影響を及ぼす要因の一つになると考えられる。

4. 結 言

粘土鉱物の種類と混合率は、 $a/W=0$ の供試体における曲げ強度、さらに、切欠きを有する供試体のき裂進展速度に影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 河野勝宣・竹原裕太・西村 強：粘土鉱物の種類の違いに着目した岩質材料の物性に関する一考察，材料，Vol.67，No.3，pp.324-329，2018.
- 岡村弘之：破壊力学と材料強度講座 1 - 線形破壊力学入門 -，培風館，p.218，1976.