

## 固化材で改良したカオリンおよびベントナイトの乾湿繰り返し特性

佐賀大学工学部 ○学 上田将生 正 根上武仁  
佐賀大学工学部 正 日野剛徳 学 山際遙己

### 1. はじめに

軟弱な沖積粘土地盤では、目的に応じて物理的地盤改良や化学的地盤改良が施される。特に化学的地盤改良を行う際には、有機物含有量、含水比、含有粘土鉱物の種類などの堆積環境が改良強度に影響をおよぼす。また、特に浅層改良の場合には改良後の地下水位の変化によって乾湿繰り返しの影響を受ける。そこで本研究では、有機物等を含まず、活性度が低いカオリンと活性度が高いベントナイトに着目して、セメントや生石灰、石膏などの固化成分を加えた際の乾湿の繰り返しの影響について検討する。

### 2. 試料と試験方法

**2.1 粘土試料と配合条件:** 本研究ではカオリンとベントナイトを使用した。これらの試料の物理化学的性質を表-1 に示す。ベントナイトを用いる場合は、液性限界が非常に高いため、固化材を混合すると固化材中に含まれる金属イオンによって液性限界が著しく低下し、混合後の試料表面に多量の水分が滲み出す。このため、NaCl の 20g/l 溶液を作製し、この溶液を用いて試料の含水比調整を行った。なお、液・塑性限界試験についても、この溶液を用いて実施した。カオリンについても同様である。固化材としてセメント、生石灰、再生石膏を使用した。各固化材の混合条件を表-2 に示す。各固化材の配合量については、圃場整備の際のクリーク改修工事で使用される値を参考にした。

表-1 試料の物理化学的性質

	ベントナイト	カオリン
土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.60	2.65
強熱減量値 Li (%)	11.57	6.10
液性限界 (%)	128.6	57.8
塑性限界 (%)	31.4	28.3
塑性指数 (%)	97.2	29.6

表-2 各固化材の混合条件

	固化材	配合量
Case1	セメント	50kg/m <sup>3</sup>
Case2	生石灰	50kg/m <sup>3</sup>
Case3	石膏	50kg/m <sup>3</sup>
Case4	セメント+石膏	25kg/m <sup>3</sup> +25kg/m <sup>3</sup>
Case5	生石灰+石膏	25kg/m <sup>3</sup> +25kg/m <sup>3</sup>

**2.2 促進養生について:** 固化材による強度改良効果を促進させるため、50mm (直径) × 100mm (高さ) のモールドに充填したものを 55±2°C の恒温水中に 24 時間浸漬した<sup>1)</sup>。24 時間経過後、温水中からモールドを取り出して脱型した後、一軸圧縮試験を実施した。また、比較のため、通常の養生方法で 7 日養生の供試体も作製し、一軸圧縮試験を行った。

**2.3 乾湿繰り返し試験:** 乾湿の繰り返し試験については、促進養生後の供試体について、湿潤 (水浸) 過程を 24 時間行い、続けて自然乾燥で 24 時間の乾燥過程を与え、これを 1 サイクルとした。なお、このときの水温と室温は 20±2°C を保った。湿潤過程および乾燥過程終了後に供試体質量を計測し、供試体が自立可能な場合はこのサイクルを繰り返した。

**3. 試験結果と考察**

**3.1 一軸圧縮試験結果:** 図-1 にカオリンとセメントを混合した場合 (Case1) の一軸圧縮試験結果を示す。促進養生したものの一軸圧縮強さは、7 日養生したものよりも大きいことがわかる。なお、カオリンの配合条件 Case2~Case5 の一軸圧縮試験用供試体は自立できず、一軸圧縮強さは非常に低いものとなった。図-2 は、ベントナイトとセメントを混合して促進養生した場合 (Case1) の一軸圧縮強さを示したものである。カオリンの場合と比較すると、一軸圧縮強さは約 2 倍程度高くなった。これはベントナイトの活性がカオリンよりも高いことによるものと考えられる。図-3 にベントナイトと生石灰を混合した場合 (Case2) の一軸圧縮試験結果を示す。促進養生した供試体の一軸圧縮強さは 1500kN/m<sup>2</sup> と非常に大きな値を示した。また、7 日養生した場合についても、500 kN/m<sup>2</sup> 以上の改良強度が得られている。7 日養生および促進養生のいずれの場合もカオリ

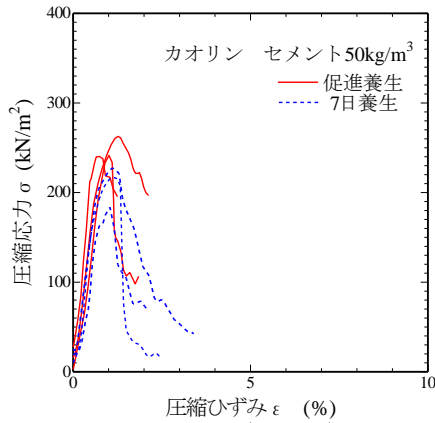


図-1 カオリン (Case1) の一軸圧縮試験結果

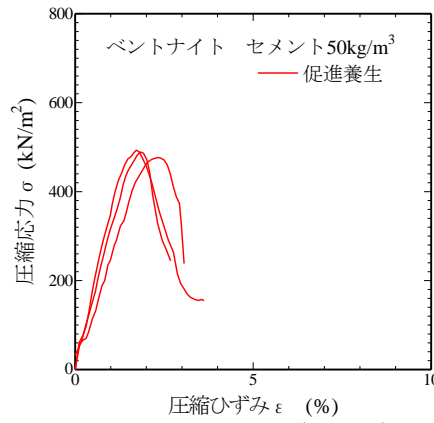


図-2 ベントナイト (Case1) の一軸圧縮試験結果

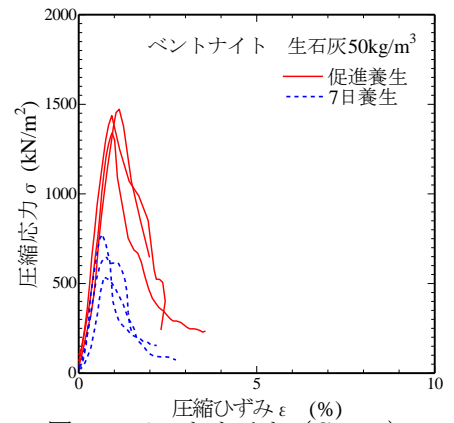


図-3 ベントナイト (Case2) の一軸圧縮試験結果

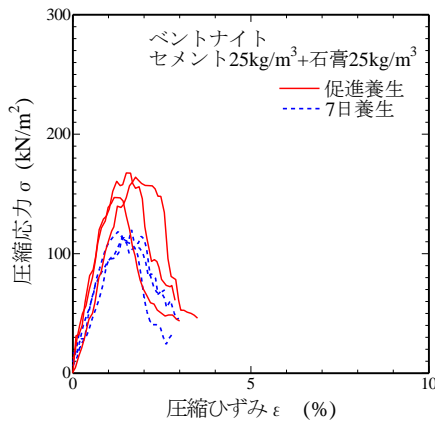


図-4 ベントナイト (Case4) の一軸圧縮試験結果

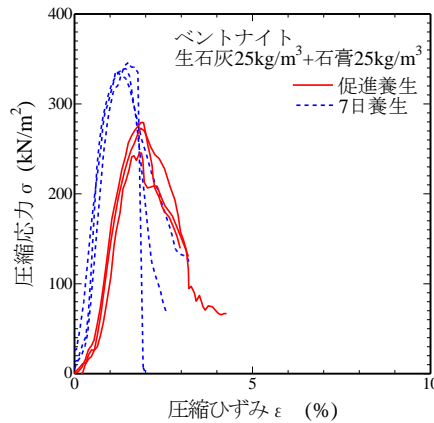


図-5 ベントナイト (Case5) の一軸圧縮試験結果

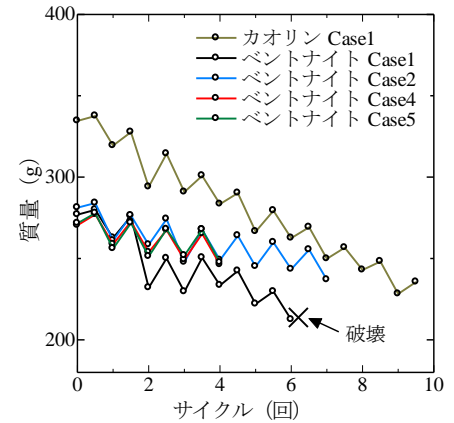


図-6 乾湿繰り返し試験結果

ンよりも高い強度となった。ベントナイトにセメントと石膏を混合した場合 (Case4) の一軸圧縮試験結果を図-4 に示す。促進養生よりも 7 日養生の供試体の改良強さが低いことがわかる。また、セメントのみを混合した場合 (Case1) と比較すると、改良強度は低く約 1/2 程度であることがわかる。ベントナイトに生石灰と石膏を混合した場合 (Case5) の一軸圧縮試験結果を図-5 に示す。促進養生よりも 7 日養生の改良強度が低い結果となった。また、生石灰のみを混合した場合 (Case2) と比較すると、促進養生した場合は 1/3 程度、7 日養生した場合は 1/2 程度の改良強度となった。なお、ベントナイトと石膏を混合した場合 (Case3) については、供試体は自立できず、一軸圧縮強さは非常に低いものとなった。これらのことから、石膏を混合する場合は、改良強度は低くなることわかる。

**3.1 乾湿繰り返し試験結果：**図-6 に、乾湿繰り返し試験結果を示す。図中の Case1~Case5 は、前述の表-2 中の配合量と対応している。カオリンとセメントを混合した場合 (Case1) については、乾湿の繰り返しは 8 サイクルを超えているが、破壊せずに自立できる状態を保っている。ベントナイトとセメント混合した場合 (Case1) は、6 サイクル目の乾燥終了後、水浸させると破壊した。なお、カオリンの Case1, ベントナイトの Case2, Case4, Case5 については、現在も乾湿繰り返し試験を実行中である。セメントや生石灰に石膏を混合した場合は、乾湿の繰り返しによる質量変化が少なくなることわかる。

**4. まとめ**

カオリンとベントナイトを用いて、セメント・生石灰・石膏による強度改良と、乾湿繰り返し試験を行った。カオリンの強度改良効果は低く、ベントナイトは高いことが分かった。また、石膏を生石灰やセメントと混合すると、乾湿の繰り返しに耐久性が高くなること分かった。

参考文献：村山篤史，市川覚：深層混合における促進養生試験を用いた施工管理手法，日本建築学会大会学術講演集，pp. 437-438，2003。