

2 段階処理施工パターンにおける MgO・BB・CaO ハイブリッド式 安定処理土の強度発現と間隙構造

佐賀大学工学部都市工学科 学 ○森坪 裕太 佐賀大学大学院工学研究科 学 山北 耕史
 佐賀大学低平地研究センター 正 田口 岳志 佐賀大学低平地研究センター 正 日野 剛徳
 佐賀大学工学部都市工学科 正 柴 錦春 宇部マテリアルズ株式会社 非 西野 伸幸

1. はじめに

著者らの属する研究グループは、先に酸化マグネシウム(以下 MgO と呼ぶ)、高炉セメント B 種 (BB) および生石灰 (CaO) を用いた浮泥・底泥安定処理土の基礎的な特性¹⁾ について検討を行った。その結果、MgO と BB・CaO の間では、第 2 種特定有害物質の不溶化効果と強度発現特性がトレードオフの関係にあることがわかってきた。本報では、以上の安定材に認められるトレードオフを解消するために、2 段階処理施工パターン²⁾ において安定材をハイブリッドさせる方法を立案し、マイクロ・マクロメカニクスの視点から安定処理土の強度発現特性と間隙構造特性を調べた結果について述べる。

2. 2 段階処理施工パターンにおける改良材ハイブリッドの方法

図-1 に、2 段階処理施工パターンを示す。この施工法は直送施工パターン²⁾ に比べて建設コストは上がるが、安定処理対象の浮泥・底泥に第 2 種特定有害物質が含まれていた場合の処理コストを含めたトータルコストの観点³⁾ ではコスト削減に貢献する施工パターンといえる。この施工パターンにおいて、浚渫された浮泥・底泥に対して MgO で 1 次処理し、盛土現場において

BB または CaO による 2 次処理を行う。1 次処理では運搬するための最低強度の維持と第 2 種特定有害物質の不溶化効果を期待し、2 次処理では道路盛土材料として基準強度を満たすことを期待するものである。

3. 実験概要

(1) 試料土 実験に用いた浮泥・底泥の物理化学的性質を表-1 に示す。それぞれの改良材の化学的成分を表-2 に示す。試料土の含水比は採取時の 181.7% に調整した。

(2) 養生日数の設定 図-1 に示す施工パターンにおいて 1 次処理から切崩し・破碎を経て 2 次処理が終了するまでを 1 次養生日数 t_1 とする。また、1 次養生後、締固め・転圧をした後を 2 次養生日数 t_2 とする。この t_1 、 t_2 を想定した上で本報における実験の養生日数を定めた。

(3) 実験方法 自然含水比に調整した試料土と改良材の配合は「安定処理土の締固めをしない供試体の作製方法 (JGS0821-2000)」に準拠し、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ モールドに入れ、 20°C 恒温室内で 7 日間湿潤養生した。その後、試料を破碎・粒度調整 (8.5~4.75mm) した後、試料土と BB および CaO を十分に攪拌・混合し、再び 20°C 恒温室内で湿潤養生した。作製した供試体を用いて一軸圧縮試験 (JISA1216) および細孔径分布測定 (水銀圧入型ポロシメーター) を行った。

表-1 試料土の物理化学的性質

自然含水比 (%)	181.7	
土粒子密度 (g/cm^3)	2.59	
液性限界 (%)	147	
塑性限界 (%)	48.6	
塑性指数	98.4	
pH	7.6	
塩濃度 (g/NaCl)	1.7	
粒度 塑性	礫分 (%)	0.0
	砂分 (%)	0.2
	シルト分 (%)	87.2
	粘土分 (%)	12.6

表-2 改良材の化学的成分

試験項目 \ 種類	MgO	CaO	BB	
密度 (g/cm^3)	3.58	3.35	3.04	
比表面積 (m^2/g)	-	-	0.389	
化学組成 (%)	SiO ₂	0.18	2.13	26.2
	Al ₂ O ₃	0.06	-	10.9
	Fe ₂ O ₃	0.1	-	2.6
	CaO	0.55	95.36	53.6
	MgO	82.6	-	3.2
	SO ₃	-	-	2.1



図-1 2 段階処理施工パターン²⁾

4. 実験結果 図-2 に MgO+BB の配合パターンにおける一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。一軸圧縮強さの発現は MgO の添加量に関係なく、2次処理における BB の添加量に依存している。また、2次養生中の強度増加はあまり大きくないが、養生日数 $t=14$ days (t_1+t_2) において、一般的な道路盛土として必要な一軸圧縮強さ: $100\sim 300\text{kN/m}^2$ ⁴⁾ は満たすことになる。図-3 に MgO+CaO の配合パターンにおける一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。この配合パターンでは養生日数に伴う一軸圧縮強さの増加は認められるが、2次処理における CaO の添加量に関係なく一軸圧縮強さがほぼ同じ値を示した。また、 $t=14$ days (t_1+t_2) から $t=35$ days (t_1+t_2) にかけて約5倍の一軸圧縮強さの増加が認められることから、盛土材として利用するには MgO+BB の配合パターンに比べて長期の養生日数を必要とすることがわかった。

細孔径分布測定を行った結果を図-4, 5 に示す。両図ともに $3\sim 4\ \mu\text{m}$ に現れる未処理土のピーク時の間隙径 d_p に比べて、ハイブリッド改良したものはピークが左下にスライドし、 $0.1\ \mu\text{m}$ 付近に現れていることから、間隙が緻密化して減少していることがうかがえる。また、図-4 に示す MgO+BB の配合パターンにおいて、2次処理の BB 添加量が同じ供試体は $V_{dp}\sim d_p$ 関係に差異がみられなかった。図-5 に示す MgO+CaO の配合パターンでは MgO, CaO どちらの添加量にも関係なく、 $V_{dp}\sim d_p$ 関係に差異がみられなかった。このことが、図-3 に認められる一軸圧縮強さの結果の理由に挙げられる。

図-2, 3 に示されるように、MgO による1次処理後に BB, CaO をそれぞれ添加した場合に、異なる強度発現特性が認められた。MgO が $\text{Mg}(\text{OH})_2$ に変化する過程が2次処理後の BB 添加による強度発現には影響を及ぼさないが、CaO 添加の場合は CaO 本来の強度発現特性を抑止するようなメカニズムなどが考えられる。

5. まとめ 本研究で得られた知見を要約すると、次のとおりである：1) MgO+BB の配合パターンでは、2次養生期間が短くても盛土材として十分な一軸圧縮強さを有している；2) MgO+CaO の配合パターンでは、MgO+BB の配合パターンに比べ、長期の2次養生期間を必要とする；3) ハイブリッド式浚渫改良土において、今後間隙径分布から強度発現のメカニズムを説明できる可能性が示された。

謝辞 本研究の遂行の一部では、平成19～20年度における文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(C)：19560493 ならびに特別研究促進費-基盤C担当：19569006 による助成を受けている。記して感謝の意を表します。
参考文献 1) 三浦ら：平成19年度 土木学会西部支部研究発表会，2008. 2) 日野・田口ら：土と基礎，Vol. 56 No. 1 Ser.No. 600, pp. 28-31. 3) 三浦・日野ら：招待講演，軟弱地盤の改良②，pp1-10 2007 4) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第3版），技報堂出版，p. 196, 2003

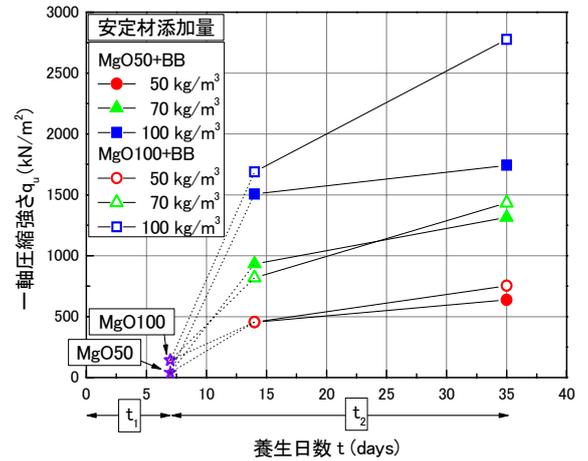


図-2 一軸圧縮強さと養生日数の関係(MgO+BB)

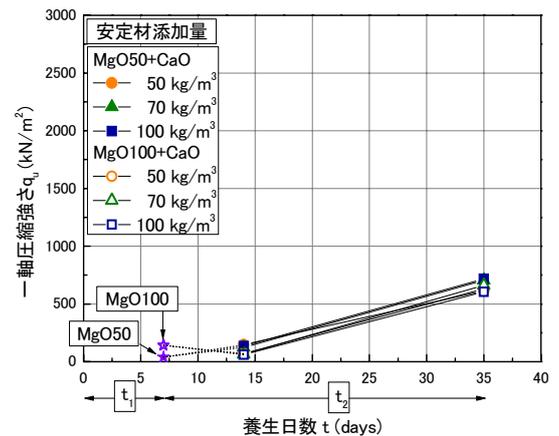


図-3 一軸圧縮強さと養生日数の関係(MgO+CaO)

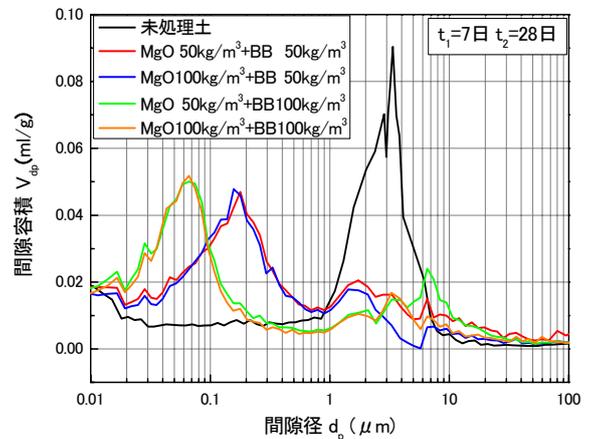


図-4 MgO+BB 安定処理における V_{dp} と d_p の関係

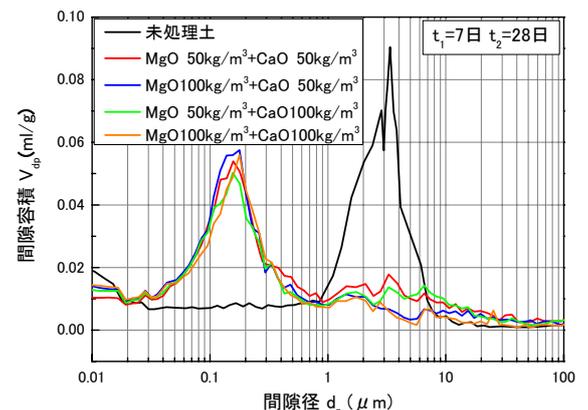


図-5 MgO+CaO 安定処理における V_{dp} と d_p の関係