

母材の物理特性に着目した固化処理土の強度特性

九州大学大学院 学生会員○長野 起子 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

港の航路維持浚渫に伴い発生する浚渫土砂は、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」において廃棄物として取り扱われ、むやみに海域で処分することが禁止されている。浚渫土砂の埋立処分地が飽和状態に近づいていることから、浚渫土砂を効率よく減容化および再資源化する方法が模索されている。浚渫土砂に高強度を付与し、より付加価値の高い構造材料として利用可能となれば、浚渫土砂のリサイクル並びに資源循環サイクルの確立を図る上でも有益である。これまで、熊本港で浚渫された粘土を母材とした固化処理土の高強度性、耐久性及び均質性については確認されている¹⁾が、熊本港以外の浚渫土砂についても適用するためには、対象土砂の物理特性に着目して本法の汎用性を確認する必要がある。本稿では、塑性指数を人工的に変化させた試料を作成し、固化処理土の強度特性を検討した。

2. 試料および実験方法

試料は、熊本港粘土、マサ土、マサ土細粒分、カオリン粘土およびその混合物を用いた。初期含水比を 150% に調整し、試料の乾燥重量の 10%、20%および 30%の高炉スラグセメント B 種を添加し、十分に攪拌した(セメント添加率 C=10, 20, 30%)。その後、モールド(高さ 235mm、直径 50mm)に試料を詰め、定圧载荷試験機によって 5MPa、10MPa および 20MPa で定圧载荷し、供試体を作製した。排水条件は、上下端および周面排水である。载荷中には、沈下量および脱水時間を測定した。ただし、圧密終了は 3t 法で決定し、そのときを圧密度 100%とした。圧密終了後モールドから脱型した供試体を 28 日間湿潤状態で養生し、一軸圧縮試験(JIS A 1216)により一軸圧縮強度を測定した。実験ケースを表-1 に示す。各試料の物理特性を表-2 に、粒径加積曲線を図-1 に示す。

3. 実験結果および考察

図-2 に粘土分含有率と一軸圧縮強度の関係を示す。図-2 より、カオリン粘土を除くケースでは粘土分含有率が增加するにつれ、一軸圧縮強度が増加する。また、強度の増加率はセメント添加率 30%の方が大きい。これは試料の粘土分に吸着した水がセメントの長期的な水和反応に用いられるためであると考えられる。しかし、カオリン粘土は粘土分含有率が 50%程度でも 20MPa 以上の高強度を示すことから、粘土含有率のみに着目して一軸圧縮強度は決定されないことを示唆する。

表-1 実験ケース

実験ケース	試料	セメント添加率(%)	载荷圧(MPa)
No.1	熊本港粘土	10	20
No.2		30	
No.3		10	
No.4	マサ土細粒分	30	
No.5		10	
No.6		30	
No.7	マサ土(熊本港粘土添加率80%)	20	10
No.8		10	
No.9		30	
No.10	マサ土(熊本港粘土添加率60%)	30	5
No.11		10	20
No.12		30	
No.13	マサ土細粒分(熊本港粘土添加率33%)	10	20

表-2 試料の物理特性

試料	粘土分含有率 (%)	塑性指数 (%)	活性度
熊本港粘土	73.4	70.1	1.79
マサ土細粒分	59.5	15.9	1.63
マサ土および熊本港粘土(K=80%)	45.6	51.7	1.52
マサ土および熊本港粘土(K=60%)	16.6	37.3	1.48
カオリン	52.5	19.6	0.69
マサ土細粒分および熊本港粘土	25.3	25.8	1.80

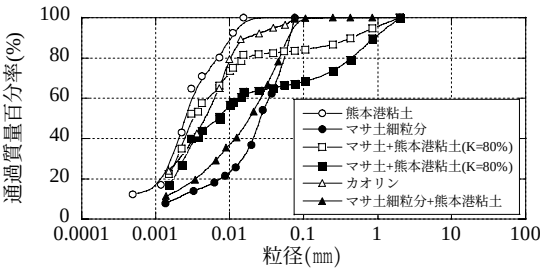


図-1 粒径加積曲線

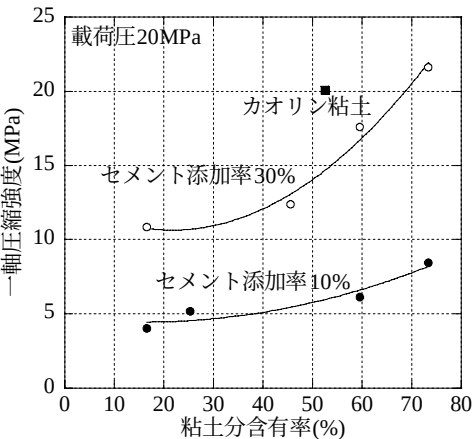


図-2 粘土分含有率-一軸圧縮強度

図-3に、塑性指数と一軸圧縮強度の関係を示す。図-3より、セメント添加率 30%において、塑性指数 15.9%では一軸圧縮強度が 10.9MPa、塑性指数 37.3%では 12.40MPa、塑性指数 51.7%では 17.6MPa、塑性指数 70.1%では 21.60MPa となり、塑性指数が大きくなるに従い、一軸圧縮強度が大きくなる。ここで、セメント添加率 $C=10\%$ と $C=30\%$ の場合の一軸圧縮強度増加の程度に着目すると、塑性指数が大きくなるにつれ、強度の増加の程度は大きくなる。これは、セメントの化学反応に必要な水と粘土成分に吸着している水の割合が強度発現に関連していると思われる。

図-4に活性度と一軸圧縮強度の関係を示す。細粒土の物理的および力学的性質に対する粘土の寄与を定量的に示す指標として活性度を用いる。ただし、活性度 A は活性度 $A=(\text{土の塑性指数 } I_p)/(\text{土中の } 2\mu\text{m 以下の粘土含有量}(\%))$ で与えられる。図-4より活性度が大きくなるにつれ、一軸圧縮強度が増加する。また、セメント添加率が高い供試体がより活性度の影響を多く受ける。しかしながら、カオリン粘土のケースでは活性度が 0.68 と小さいにもかかわらず、20.1MPa と高い強度を示した。これは、カオリン粘土を構成する粘土鉱物が他のものと大幅に異なるためだと教えられる。

図-5に水セメント重量比と一軸圧縮強度の関係を示す。水セメント重量比は、養生後の供試体内の水重量とセメント重量の比として定義した。図-5より、水セメント重量比の減少に伴い強度が増加していることが分かる。既往の研究²⁾にて、セメントペーストに载荷して作成した供試体の水セメント比と強度の関係を示してある。図より浚渫土砂と混合した本研究の供試体でも同じ一軸圧縮強度推定式によって強度を推定できる。一軸圧縮強度推定式は $y=12.584x^{-0.68775}$ となった。ただし、相関係数 $R=0.9481$ である。また、この指標を用いると、セメント添加率の異なる供試体についても一貫した強度予測が可能となる。

4. おわりに

本研究の結果として、次のことが得られた。

- ・ セメント添加率の大小にかかわらず、粘土含有率、塑性指数、活性度が大きいほど高い一軸圧縮強度を有する。
- ・ 粘土含有率、塑性指数、活性度、塑性指数が高くなるにつれ、セメント添加率の増加による一軸圧縮強度増加の程度が大きくなる。
- ・ 水セメント重量比の減少に伴い強度が増加する。

なお、本研究は、国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所受託研究(浚渫土砂を利用した高強度構造体の開発研究)の成果の一部である。

参考文献 1)那須智彦ら：定ひずみ速度圧密試験によるセメント混合浚渫粘土の高压脱水特性,第 35 回地盤工学研究発表会発表講演概要集, Vol.1, pp.1249-1250, 2000. 2)林康宏ら：母材に着目した高压脱水固化処理土の強度特性,平成 13 年度九州大学卒業論文, pp.46, 2002.

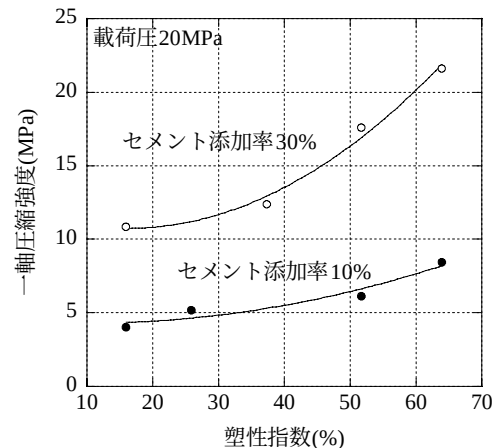


図-3 塑性指数-一軸圧縮強度

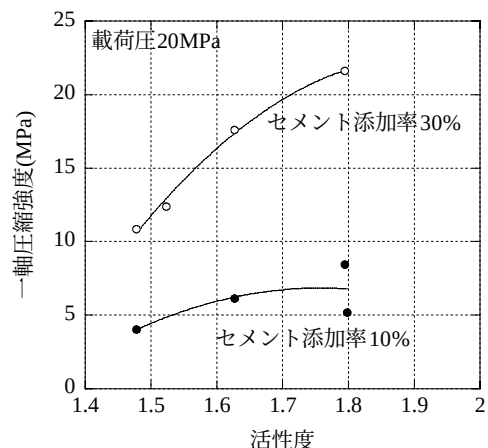


図-4 活性度-一軸圧縮強度

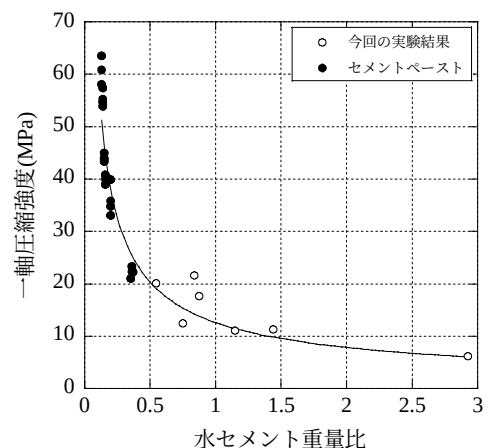


図-5 水セメント重量比-一軸圧縮強度