

高圧脱水固化処理して作製した浚渫土砂ブロックの長期一軸圧縮特性

九州大学大学院工学府 学生会員 ○豊里亮喜

九州大学大学院 正会員 笠間清伸 八尋裕一 中川康之 善功企 古川全太郎

1. はじめに

毎年、河川からの流入や潮流の影響で港湾には高含水比かつ軟弱な粘土が堆積する。堆積した粘土を放置しておくくと船舶の航行の妨げとなり港湾機能を損なわせるだけではなく、環境を悪化させる原因ともなる。定期的に海底粘土の浚渫工事が行なわれているが、浚渫された粘土の処分場自体が飽和状態にあるのが現状である。そこで、我々の研究グループでは浚渫粘土を利用したブロックを作製し構造ブロックとして再利用するという研究¹⁾を進めている。

本文では、浚渫粘土を対象に、2種類の高圧脱水装置を用いてブロックを作製し強度評価を行ない、得られた強度と水セメント重量比を用いて強度推定式を提案した。これらの得られた結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 実験に用いた試料

土質試料に関門航路で浚渫された粘土(以下、関門粘土とよぶ)と、宇部港で浚渫された粘土(以下、宇部粘土とよぶ)を用いた。固化材には、高炉スラグセメントB種を用いた。表-1に実験条件、図-1に用いた試料の粒径加積曲線を示す。

2.2 実験方法

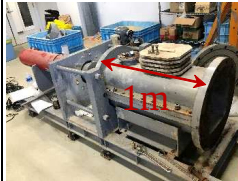
関門粘土と宇部粘土の初期含水比は、実験装置ごとに150%と300%にした。含水比調整後、固化材を添加した。その際、固化材を添加したことによって粘土の含水比が減少するため、再度含水比が所定の含水比になるように水を加え、ハンドミキサーを用いて十分に攪拌した。固化材の添加率は、室内試験に関しては10~40%の4種類、脱水固化装置に関しては20%の1種類とした。固化材を添加した試料をモールド(室内試験:高さ250mm, 直径50mm、脱水固化装置:縦0.35m, 横0.35m, 高さ1m)に、気泡が入らないように充填した。そして、それぞれの実験装置を用いて所定の圧力で定圧載荷しブロックを作製した。載荷中は、沈下量および圧密時間を測定し、圧密の終了時間は3t法を用いて決定した。圧密終了後は、水中養生し、一軸圧縮試験を行った。脱水装置を用いて作製したブロックに関しては体積が大きい為、円柱状にコアリングしたものを一軸圧縮試験の供試体とした。

3. 実験結果および考察

図-2に、室内試験として母材に関門粘土と宇部粘土を用いた養生日数28日の応力ひずみ曲線を示す。なお図中には、本報告には実験概要などは載せていないが大型脱水固化装置を用いたブロックの大きさ約1m³、養生日数28日の結果も示す。ブロックの大きさにかかわらず、一軸圧縮強さは約10MN/m²と同程度の強度を示した。また、大型脱水固化装置で作製したブロックでは、脱水棒を49本使用した条件における強度が16本の場合と比較して約3倍大きくなった。このことから、高圧脱水固化処理したブロックの一軸圧縮強さはブロックの大きさにかかわらず、固化材添加率と載荷圧および養生日数、さらに脱水条件によって決まることが分かった。

図-3に、脱水固化装置を用いて作製したブロックの養生日数と一軸圧縮強さの関係を示す。コアリングした円柱

表-1 実験条件

	室内試験	脱水固化装置
土質材料	関門粘土, 宇部粘土	関門粘土
固化材	高炉スラグセメントB種	高炉スラグセメントB種
固化材添加率	10%, 20%, 30%, 40%	20%
脱水圧力	5MPa	2MPa(〜30min) → 5MPa(30min〜)
初期含水比	約150%	約300%
養生条件	水中養生, 温度:20℃	水中養生, 温度:20℃
養生日数	7, 28, 91days	0.5, 1, 3years
実験装置		

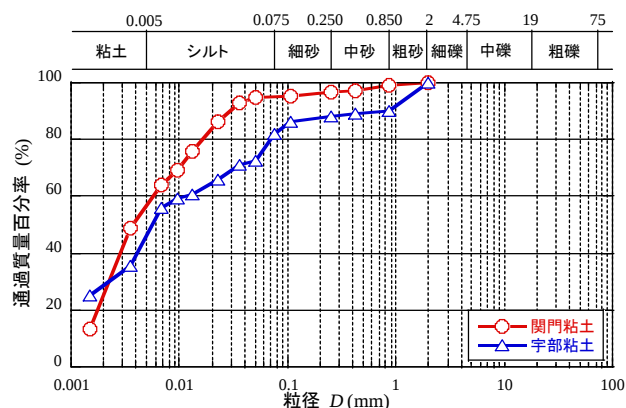


図-1 粒径加積曲線

状の供試体によって、一軸圧縮強さは多少のばらつきがあるものの、養生日数 0.5 年では平均強度が約 5MPa であるのに対して養生日数 3 年では 10MPa と、約 2 倍の値を示した。長期養生することによって作製したブロックの含水比が低下することも分かった。つまり、長期で養生している最中も固化材の化学反応が進行しており、本実験においては 3 年間に於いて、平均強度が養生日数 0.5 年に比べて約 2 倍まで増加し続けたことが分かった。

図-4 に、脱水固化装置を用いて作製したブロックの水セメント重量比と一軸圧縮強さの関係を示す。本文では、浚渫土砂ブロックの強度に強い相関性がある簡便な指標²⁾として、供試体内の水分量と添加した固化材の重量比である水セメント重量比を用いた。この関係を以下の式で表すことができる。

$$q_u = \alpha(w/c)^\beta \quad (1)$$

ここで、 α は水セメント重量比が 1.0 の時の一軸圧縮強さであり、 β は強度増加率を示す。 w は供試体の含水比、 c は固化材の添加率を示す。水セメント重量比と一軸圧縮強さの関係を養生日数ごとに示した図-4 では、どの養生日数に関しても、水セメント重量比の減少に伴って一軸圧縮強さが増加し、式(1)によりうまく近似できることが分かった。また、養生日数 0.5 年と 3 年を比較すると、 α 、 β ともに日数の経過に伴い値が減少した。強度増加率を表す β に関しては、養生日数が経過し、供試体の固化作用が徐々に収まってきたことから値が減少したと考えられる。

さらに、図-4 中の黒色で示す回帰曲線は全ての養生日数を 1 つの関係式にまとめたものを示しており、以下の式で表すことができる。

$$q_u = 40.171(w/c)^{-1.5193} \quad (2)$$

この式の相関係数は、 $R=0.9384$ であり高い近似度を示した。このことから、養生日数が異なるそれぞれの水セメント重量比と一軸圧縮強さの関係について 1 つの関係式で精度よく推定できることが分かった。

4. まとめ

本文では、2 種類の実験装置を用いて浚渫土砂ブロックを作製した後強度特性について評価し、強度推定式を提案した。得られた結果をまとめると以下のようになる。

1) 浚渫粘土を用いて作製したブロックの一軸圧縮強さは、養生日数や脱水圧力等の条件が同じであれば、ブロックの大きさに関わらず同等の値を示し、脱水条件によって異なることが分かった。 2) 本実験においては、養生日数 3 年という長期間でも一軸圧縮強さは養生日数 0.5 年と比較して約 2 倍大きくなることが分かった。 3) 水セメント重量比と一軸圧縮強さの関係から、初期含水比や脱水圧力が同じ条件であれば、養生日数が半年から 3 年におよぶ供試体の全てに対して、近似度の高い 1 つの回帰式で表すことができる。

謝辞：本研究は国土交通省交通運輸技術開発推進制度:研究課題「コンテナ船の大型化に向けた高圧脱水固化処理工法の開発」(研究代表者:笠間清伸) ならびに一般財団法人港湾空港総合技術センター研究開発助成の成果の一部である。記して、関係者各位には深甚の謝意を表したい。

【参考文献】

1) 山下祐佳, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸:大型脱水固化装置を用いて作製したソイルブロックの力学特性, 土木学会第 65 回年次学術講演会, III-526, pp.1051-1052, 2010, 9. 2) 勝又正治, 滝口健一, 清水英樹, 安田昭彦, 大林成行:高含水建設搬出土の改良システムの開発, 土木学会論文集, No.560/VI-34, pp.117-129,1997.

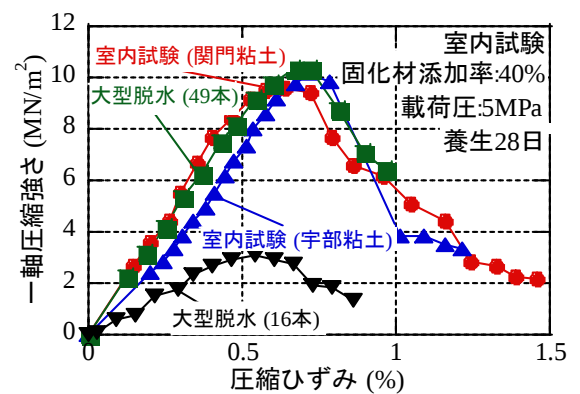


図-2 応力ひずみ曲線

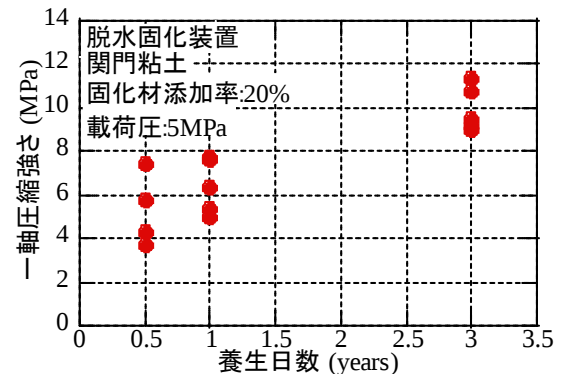


図-3 養生日数と一軸圧縮強さの関係

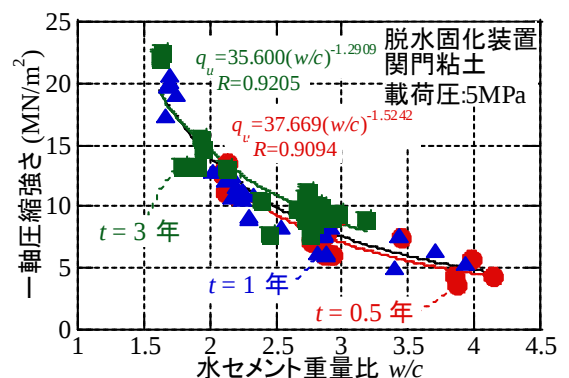


図-4 水セメント重量比と一軸圧縮強さの関係