

高圧脱水固化処理装置による浚渫土砂の脱水特性

九州大学工学部 学生会員 ○木須 瞳 九州大学大学院 学生会員 豊里 亮喜  
九州大学工学研究院 正会員 笠間 清伸 中川 康之 善 功企 八尋 裕一

1. 目的

著者らの研究グループでは、浚渫土砂の効率的な減容化と再資源化を目的として、高圧脱水固化処理工法の開発を行っている。<sup>1)</sup> 本文では、2m<sup>3</sup> の浚渫土砂を処理できる高圧脱水固化処理装置を用いて、浚渫土砂の脱水挙動を調べるとともに放射状排水理論を用いて脱水挙動の評価を試みた。

2. 実験概要および放射状排水による脱水分析

脱水実験には、宇部港で浚渫された土砂(以降、宇部粘土と呼ぶ)を用いた。宇部粘土の土粒子密度、液性限界および塑性指数は、それぞれ、 $\rho_s=2.614\text{g/cm}^3$ ,  $w_L=97.3\%$ ,  $I_p=58.5$  である。

図-1 に大型脱水固化処理装置(幅 4.5m, 高さ 3.7m, 長さ 15m)とブロックを作成する部分のモールド ( $W=1.0\text{m}$ ,  $D=1.0\text{m}$ ,  $H=2.0\text{m}$ ) を示す。脱水を促進させるためにモールド内に 49 本の脱水棒(直径 30mm, 間隔 140mm)が配置されているのが特徴である。ブロック作製の際には、試料の初期含水比を 200%に加水調整し、十分攪拌混合させた後、モールドに試料を充填した。その後、モールド内にあるフリーピストンに 5MPa を作用させ、試料を脱水した。脱水中は、変位および時間を測定した。約 1300 分載荷を行った後、ブロックを取り出し、ブロックの均一性を評価するため含水比分布を計測した。

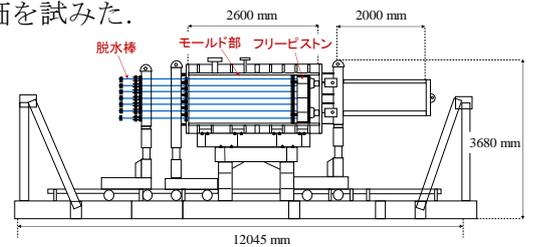
さらに、定ひずみ速度圧密試験結果と脱水棒による放射状排水を模擬した圧密理論(以降、放射状排水理論と呼ぶ)<sup>2)</sup>により宇部粘土ブロックの脱水時間、含水比分布および減容化率を推定し、実験結果との比較を行った。

3. 実験結果

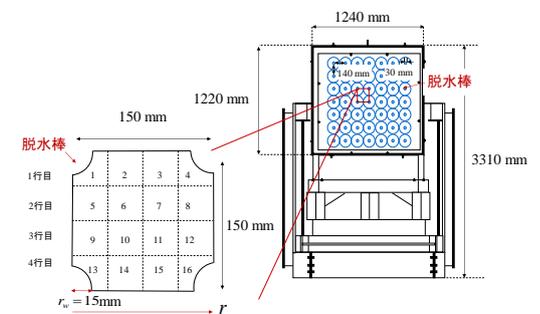
図-2 に定ひずみ速度圧密試験により得られた宇部粘土の  $e\text{-log } p$  曲線を示す。脱水終了時、供試体の飽和度はほぼ 100%になると考えられることから、推定値の計算を行う際には、飽和度が 100% であると仮定した場合の  $e\text{-log } p$  曲線を利用した。初期間隙比が非常に大きいため、50kPa 程度までの低圧力域において急激な圧密が生じているのが特徴である。

図-3 に定ひずみ速度圧密試験により得られた宇部粘土の圧密係数と平均圧密圧力の関係を示す。圧密初期において、圧密係数の値は急激に減少し、平均圧密圧力が 40kPa を超えてからは値が徐々に増加した。本文において放射状排水理論を用いて推定値を求める際、圧密圧力が 5MPa となった時の圧密係数  $c_v(\text{cm}^2/\text{day})$  の値を用いた。

図-4 に高圧脱水固化処理装置を用いた宇部粘土ブロックの圧密度と時間の関係を示す。ただし、屋外での実験で長時間の連続



(a) 側面図



(b) 含水比測定位置(左)と正面図(右)

図-1 高圧脱水固化処理装置

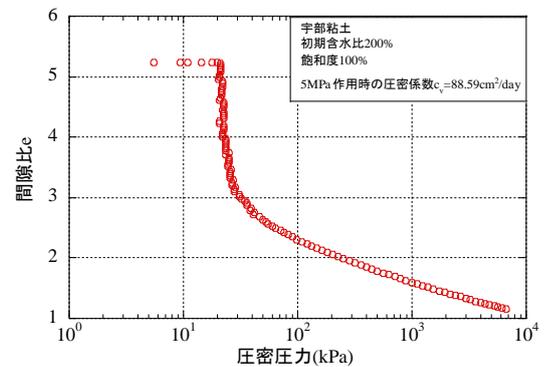


図-2  $e\text{-log } p$  曲線

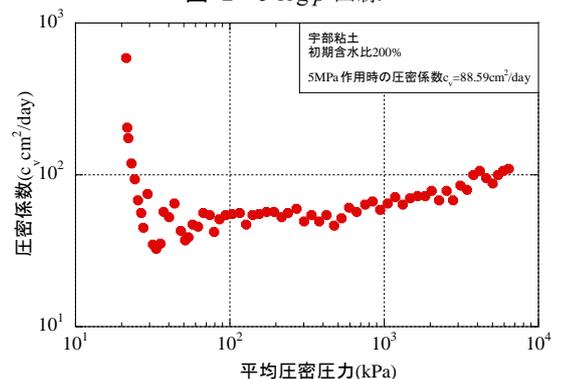


図-3 圧密係数と圧密圧力の関係

した载荷が難しかったため、圧力が作用していない期間を削除してデータ整理を行った。図-4には、定ひずみ速度圧密試験結果 ( $c_v=88.59$ ,  $e=1.22$ )と放射状排水理論(脱水棒の有効排水径と半径の比: $n=5.273$ )から推定される圧密度と時間の関係も示す。図-4より、本実験においては1300分の载荷時間で圧密度70%程度まで脱水されたことが分かる。また、 $3t$ 法により求めた脱水終了時間の推定値は3670分となった。

高压脱水固化処理装置による宇部粘土の減容化を評価するために、供試体の減容化率を式(1)により求めた。

$$\text{減容化率} = \left(1 - \frac{\text{脱水終了時の体積}}{\text{初期体積}}\right) \times 100 \quad (1)$$

圧密度70%における定ひずみ速度圧密試験結果と放射状排水理論による減容化率の推定値は64.57%であるのに対して、実測値は48.89%であり、その差は15.68%であった。差が生じる理由として、推定値を求める際に圧密係数を一定と仮定したことが考えられる。本実験では、圧密圧力が5MPaとなった時点での圧密係数の値を用いて推定値を求めているが、実際には圧密係数の値は図-3のように急激に減少した後、徐々に増加している。推定値を求める際にこの変化を考慮していないため、推定値の方が実測値よりも早く脱水されるという結果になり、圧密度70%における減容化率に差が生じたと考えられる。

図-5に圧密度70%における宇部粘土ブロックの含水比分布の推定値および実測値を示す。縦軸に含水比、横軸に脱水棒の中心からの距離  $r$  を脱水棒の半径  $r_w$  で割った値をとった。ブロックの含水比測定位置を図-1(b)に示す。推定値と実測値ともに、脱水棒に近いほど含水比は低く、脱水が進んでいるという結果が得られた。しかし、平均含水比は推定値で50.95%、実測値で98.17%となった。また、脱水棒からの距離による含水比のばらつきの程度には両方で差が見られた。含水比の最大値と最小値の差は、推定値で2.88%、実測値で26.35%となった。実測値の方が推定値に比べて脱水が進んでいない理由として、前述の圧密係数の設定方法に加えて、脱水実験の際に宇部粘土に十分な圧力がかかっていなかった可能性も考えられる。

#### 4. 結論

今回の研究により得られた高压脱水固化処理装置を用いた宇部粘土の脱水特性は、以下の通りである。

- (1) 49本の脱水棒を配置した場合、1300分の脱水時間で圧密度70%まで脱水できた。圧密度100%までに必要な脱水時間の推定値は3670分となった。
- (2) 圧密度70%における宇部粘土の減容化率の推定値(脱水時間605分)は64.57%であるのに対し、実測値は48.89%であり、その差は15.68%である。定ひずみ速度圧密試験結果と放射状排水理論により求める推定値の精度を上げるには、圧密係数を圧密圧力に依存して変化させるなどの工夫が必要である。
- (3) 圧密度70%における宇部粘土ブロックの平均含水比の推定値は50.95%であるのに対し、実測値は98.17%であり、その差は47.22%である。推定値を求める際の圧密係数の設定方法ならびに実験時の加圧方法の改善が必要と考えられる。

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压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: 脱水固化処理による大型浚渫土ブロックの均質性および強度特性, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.67, No.2, 2011.
- 2) 矢内保夫, 水野高明, 木庭宏美: サンドドレーンの圧密理論について, 土木学会論文集第36号, pp.38-43, 1956.

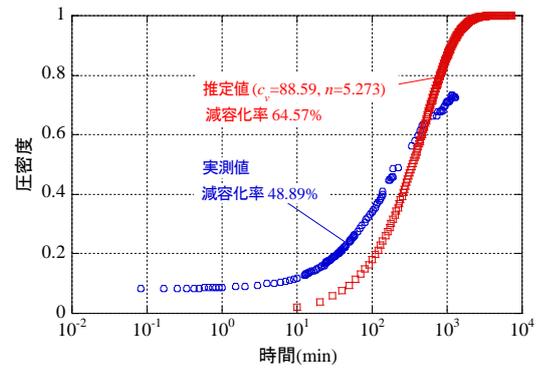


図-4 圧密度と時間の関係

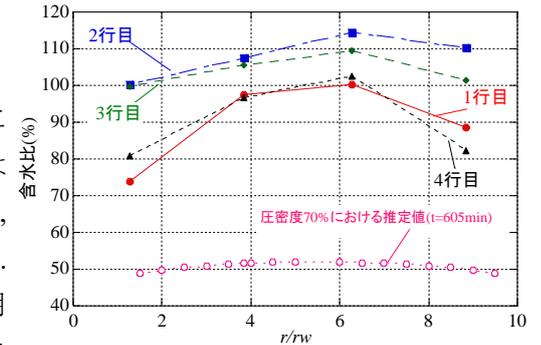


図-5 含水比分布