

固化処理土のドレーン有効径および圧密度に着目した一考察

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 平松 浩三

1. 目的

浚渫粘土はこれまで埋め立て材料として用いられてきた。しかし近年、処分地が飽和しつつあり、循環型社会構築の観点からも、浚渫粘土を効率よく減容化し、再資源化する方法が模索されている。そこで著者らは、浚渫粘土にセメントを添加し、高压脱水することにより、浚渫粘土を再利用して高強度構造体を作製する技術の開発を行っている。これは、浚渫粘土の新たな用途の開拓、資源のリサイクルおよび物質の循環の確保を図るといった点で有用である。構造物を大型化するさい、脱水距離が延長し、脱水時間が増大するため、固化材の影響も考慮すると、脱水時間の短縮化が必要となる。そこで、本研究ではドレーンを使用し、脱水時間の短縮化を試みた。また、ドレーンの有効径および圧密度の変化が脱水時間に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

試料は、有明粘土を用い、初期含水比を 150%に調整した。セメント添加率 $C=30\%, 0\%$ (試料乾燥重量の 30%, 0%)の高炉スラグセメント B 種を添加した後、十分に攪拌した。その後、図-1 に示す高さ 235mm のモールドに試料を詰め、5MPa で定圧圧荷して、表-1 に示す実験ケースについて供試体を作製した。また、モールドの形状を表す指標として、有効係数 $n(= \text{モールド径 } d_m / \text{ドレーン径 } d_w)$ を用いた。圧荷中の供試体の間隙水圧を、図-1、表-1 に示す位置で測定した。なお、圧密終了は 3t 法で決定し、圧密度 $U=100\%$ とした。圧密度 U は任意の時間の沈下量を圧密終了時の沈下量で除して定義した。また、均質性を検討するために、脱型後の供試体の含水比を、鉛直方向と半径方向に分割して測定し、供試体内の含水比分布を調べた。

3. 実験結果および考察

図-2 に、 $U=100\%, d_w=10\text{mm}$ で、有効係数を $n=5, 7.5, 10$ と変化させたときの実測値および Barron¹⁾の解を用いた理論値の圧密度-時間係数関係を示す。実測値と理論値の曲線を比較すると、圧密の初期には実測値が理論値を下回り、その後、時間係数 T_h が増加するにつれ、理論値を横切っている様子が確認できる。時間係数 T_h の算出は、水平方向の圧密定数 C_h が $C_v = C_h = 5.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{day}$ で一定と仮定して行っているが、初期にはセメントの団粒化により排水効果が高まり、その後、水和反応による固化および圧密の進行に伴う供試体内部の密度増加により、 C_h が時間とともに変動することが起因していると考えられる。

図-3 に $w1-1(n=5, U=100\%, d_w=10\text{mm})$ の時の間隙水圧の消散挙動を示した。ドレーンから遠くなるにつれ水圧は大きくなる挙動を示す。これは、圧密時に中心部が周辺部に比べ先行して圧密されるため、透水性が低下し、周辺部の排水を妨げるためであると考えられる。また、載荷圧は一定であるため、有効載荷応力はドレーンから遠くなるにつれ小さくなる。田畑ら²⁾の研究により、強度は載荷圧と相関するので、

キーワード

海成粘土, ドレーン, 含水比, 間隙水圧, 脱水, セメント

表-1 実験ケース

ドレーン径 d_w (mm)	有効係数 n	圧密度 $U(\%)$	固化材	ケース 番号	間隙水圧測定点 (mm)		
					a	b	c
10	5	100	有	w1-1	10	20	-
		90	有	w1-2			
		70	有	w1-3			
		100	無	w2-1			
	7.5	100	有	w3-1	12	21	30
		90	有	w3-2			
		70	有	w3-3			
		100	有	w4-1	16	27	38
	10	90	有	w4-2			
		70	有	w4-3			
		100	有	w5-1	21	32	43
20	5	90	有	w5-2			
		70	有	w5-3			

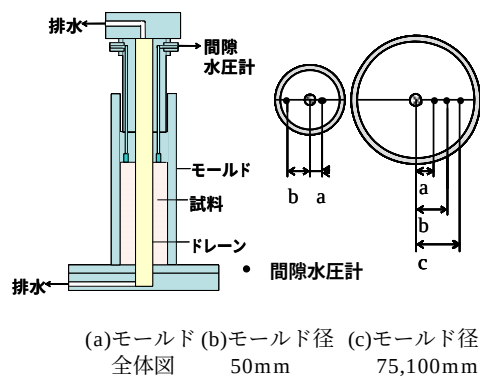


図-1 実験装置図

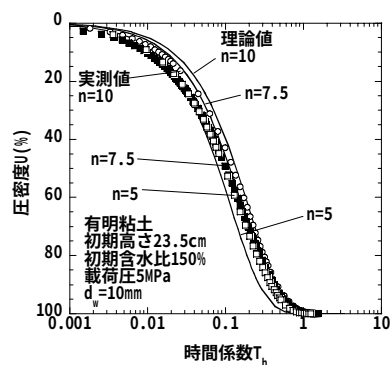


図-2 圧密度-時間係数

ドレーンから離れるにつれ、強度が低下すると考えられる。

図-4,5 に、w1-1~3($n=5, U=100, 90, 70\%, d_w=10\text{mm}, C=30\%$), w2-1($n=5, U=100\%, d_w=10\text{mm}, C=0\%$)の半径方向、鉛直方向の含水比分布を示す。半径方向、鉛直方向の含水比は、圧密が進行するにつれ低下する。鉛直方向の含水比分布幅は圧密度 $U=100\%$ のとき 13%、 $U=90\%$ のとき 22%、 $U=70\%$ のとき 15% となり、圧密の進行とともに供試体内部の水を都合し合い、含水比のばらつきが最終的になだらかになる様子が確認できる。圧密度 100% では、鉛直方向では下部の含水比が大きい状態になった。これは、上部からの载荷のために供試体上部の排水が先行し、下部の排水が十分にされていないことによると考えられる。

図-6 に、 $d_w=10\text{mm}$ のときの平均含水比と脱水時間の関係を示す。 $U=100\%$ 時の含水比の平均値は $U=90\%$ のときに比べ約 15.8%、 $U=70\%$ のときに比べ約 27.7% 小さい。 U が 90% から 100% になるのに要する脱水時間は、 U が 70% から 90% になるのに比べ、有効係数 n が 5 で 8.6 倍、 n が 7.5 で 7.1 倍、 n が 10 で 5.1 倍となり、いずれの n においても圧密度を 90% まで低下させることによる脱水時間の短縮効果は大きい。また、時間に対して平均含水比の減少する割合は、有効係数 n が大きくなると小さくなる傾向が確認できる。特に、 $U=90\sim100\%$ では $n=5$ で $2.6 \times 10^{-1} (\%/min)$ 、 $n=7.5$ で $0.5 \times 10^{-1} (\%/min)$ 、 $n=10$ で $0.3 \times 10^{-1} (\%/min)$ となり、 n が 7.5 を超えると急に割合が小さくなる。これは、有効係数 n が大きくなると脱水時間が長くなるために、セメント固化の影響が大きくなり、排水が阻害されるためであると考えられる。また、 $U=90\sim100\%$ では圧密度 $U=70\sim90\%$ に比べ、平均含水比の減少する割合が極端に低下することから、圧密度を 90% 以下に低下させることにより、セメント固化による排水阻害を減じることができる。さらに、既往の研究³⁾で確認された、含水比が増加するにつれ強度が低下する傾向を考慮すると、圧密度を 90% に低下する方が、70% まで低下させるよりも強度の低減が小さく、実務上は有利であると考えられる。

また、 $U=100\%$ 、 $n=5$ において、固化材添加率 30%、0% のときの平均含水比はそれぞれ 48.0%、46.7% である。一方、固化材添加率 $C=30\%$ のときの脱水時間は、添加率 $C=0\%$ のときに比べ 18% に短縮され、供試体の均質性を固化材の添加により損なうことなく、脱水時間を短縮することができると考えられる。

4. 結論

- 1) 間隙水圧の分布より、強度に分布が生じると考えられる。
- 2) 圧密度を 90% 以下に低下させることにより、セメント固化による排水阻害の影響を低減することが出来る。
- 3) 有効係数 n が 7.5 以上では、圧密度 90%~100% 時の含水比の低下する割合が小さく、脱水効率が低い。

参考文献；1) Barron: Consolidation of Fine-grained Soils by Drain Wells, Trains, ASCE, Vol.113, pp.811-835, 1948 2) 田畑ら：定圧载荷による浚渫粘土の高強度セメント処理化, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.A-358-A-359, 2001 3) 那須ら：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圧脱水特性, 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

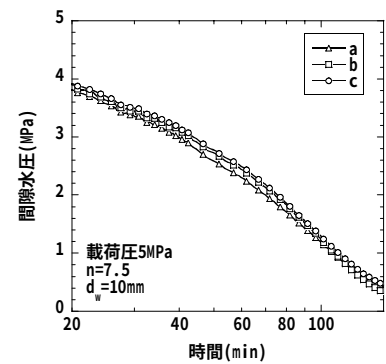


図-3 間隙水圧の消散挙動

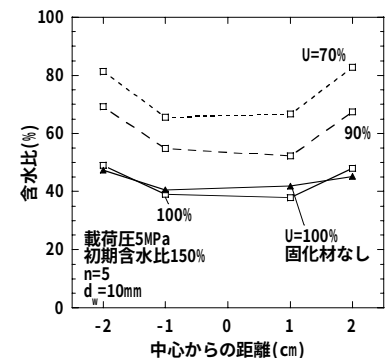


図-4 含水比分布(半径方向)

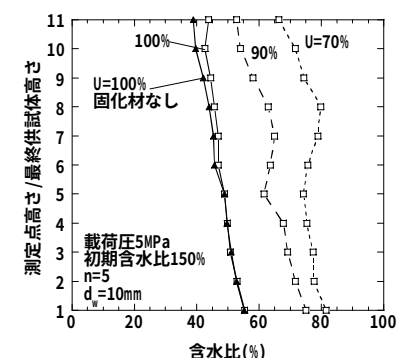


図-5 含水比分布(鉛直方向)

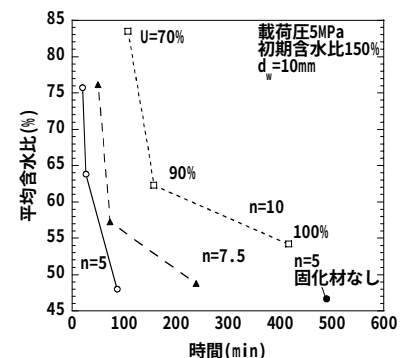


図-6 含水比-時間関係