

大型・大量処理を目的とした脱水ドレーンの検討

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

1. 背景および目的

現在、水分を多く含む材料の脱水処理技術として、真空脱水、遠心力脱水、加熱、乾燥、ドラム式脱水などがあり、その中でも機械式脱水が最も利用されている。その中でも代表的な技術である高圧フィルタープレス機は、載荷圧 4MPa で 1m×1m、幅 40mm の濾室で高含水比土を、幅 20mm に減容化する技術で、脱水所要時間は約 60 分である。しかしながら、これにより作製される供試体のサイズが小さく、脱水後の試料は粒状態であり、したがって脱水後のリサイクル用途に限界がある。

そこで、脱水ドレーンを用いて、大型サイズ・均一強度・短時間等の特徴を有する新しい脱水装置を開発することを目標とし、本文では、さまざまな脱水ドレーンを用いて、大型供試体の脱水時間について検討した。

2. 実験概要

試料は、熊本港で浚渫された図-1 に示す粒径加積曲線をもつ粘土を用いた。初期含水比を 165.9% ($1.5w_L$) に調整した試料を図-2 に示す大型圧密容器に詰め、空気圧を用いて、 0.1kgf/cm^2 、 0.2kgf/cm^2 、 0.5kgf/cm^2 、 1kgf/cm^2 で定圧載荷し、供試体を作製した。排水条件は上下端および脱水ドレーンである。ドレーンの配置を示す供試体の断面図を図-3 に、今回用いたドレーンの概略図を図-4 に示す。また表-1 にケース表を示す。紐ドレーン (CASE2~CASE5) は麻の材質のものを用いた (図-3 a))。ファイバードレーン (CASE6~CASE8) は通常、帯状で使用されるが、他のケースと条件を同じにするために、直径 2cm の円筒状にして用いた (図-3 b))。剣山型ドレーン (CASE9~CASE11) は、ポーラスメタル性のものを用いた (図-3 c))。伸縮性ドレーン (CASE12) は粘土の沈下に伴い、ドレーン高さが収縮するようになっており、真鍮製で、ろ紙を巻いて用いた。また、CASE11 および CASE12 ではドレーン内部に吸水材を詰めて、実験を行なった。

載荷中には、沈下量および脱水時間を測定した。ただし、圧密終了は $\sqrt{t}$ 法により、圧密度 90% に達する時間で圧密を終了とし、本文では圧密度 90% までの時間 t_{90} を脱水時間と定義する。

3. 実験結果および考察

図-5 に初期高さ 35cm で直径 2cm のドレーンを用いて、行なったケース (CASE2, CASE6, CASE9) の時間と圧密度の関係を示す。参考のためにドレーンなしで行なったケース (CASE1) の結果も示す。図-5 より、ドレーンなしのケースでは、脱水時間が 7,112 分であるのに対して、ケース 2 では脱水時間が 2,130 分、ケース 6 では 3,210 分、ケース 9 では 2,335 分と、どのケースにおいても、脱水時

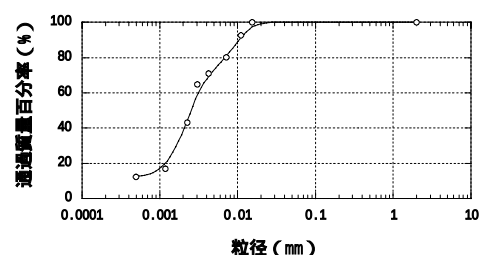


図-1 試料の粒径加積曲線

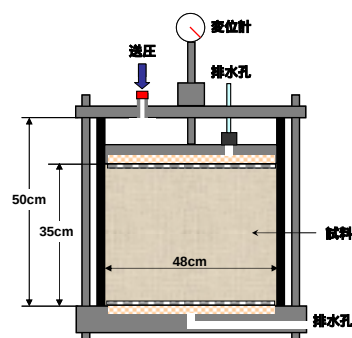


図-2 実験装置

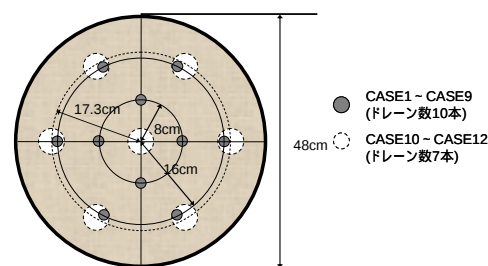


図-3 供試体断面図(ドレーン配置)

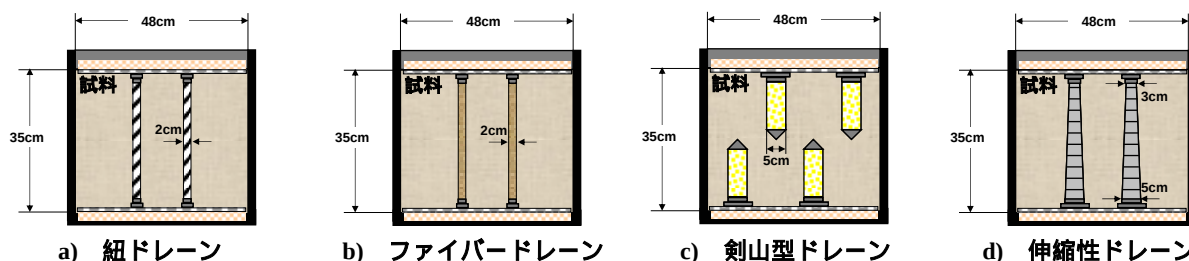


図-4 ドレーンの概略図

間が短縮された。しかしながら、用いるドレーンによって脱水時間の短縮率が異なる。また、既往の研究¹⁾により得られ脱水時間の解析値は 989 分であり、実験値は解析値よりも 2 倍以上大きい。これは、粘土の圧密に伴い、どのドレーンにおいても、ドレーン自体の透水係数が低下したことが原因と考えられる。またドレーンが鉛直応力の一部を担うため、粘土に働く圧力が減少したことも原因だと考えられる。

図-6 に初期高さ 35cm、載荷圧 1kgf/cm²、直径 5cm のドレーンを用いて、行なった実験ケース (CASE10~CASE12) の時間と圧密度の関係を示す。参考のためにドレーンなしで行なったケース (CASE1) の結果も示す。図-6 よりケース 10 では脱水時間が 3,392 分、ケース 11 では 2,601 分、ケース 12 では 2,401 分であり、どのケースにおいても、ケース 1 と比較すると脱水時間が大きく短縮される。しかしながら、用いるドレーンによって脱水時間の短縮率に違いが見られ、もっとも脱水時間が短縮されたのは、伸縮性ドレーンを用いたケース 12 となった。また既往の研究¹⁾により得られている、同じ条件で算出した脱水時間の解析値は 712 分であり、直径 2cm のケースよりも、実験値と解析値の誤差が大きい。このことより、ドレーンの直径が小さくなるに伴って、実験値が解析値に近づくことが予想される。

表-1 に各ケースの脱水時間とドレーンなしの脱水時間に対する低減率を示す。脱水時間低減率の算出方法は、表-1 の計算法

では実験より得られた脱水時間をそのまま用いた。計算法では初期高さを 35cm に換算した脱水時間を用いて算出した。図-7 に計算法により算出した、各ケースの脱水時間の低減率を示す。表-1 より、計算法により算出された脱水時間低減率に着目すると、初期高さが小さいケースの低減率が大きくなる。その中でも、ケース 5 では、低減率が約 90%にもなった。計算法により算出された脱水時間低減率に着目すると、計算法に比べて脱水時間低減率に大きなばらつきが生じる。その中で、特に大きな低減率を示したのは、ケース 2 およびケース 9 であり、その低減率は約 70%になる。また、ケース 2~ケース 6 は同じドレーンにもかかわらず、低減率に違いが生じる。これは、粘土の圧密沈下に伴い、鉛直ドレーンの変形による脱水機構の変化が原因だと考えられる。

4. 結論

- ・今回、用いたドレーンを使用することで、脱水時間を短縮することができる。しかし、その低減率はケースにより差がある。
- ・本実験により得られた脱水時間は、解析により得られた脱水時間に比べて、大きな値となる。
- ・紐ドレーンを用いた場合、脱水時間は 2130 分で、低減率は約 70%になり、脱水時間短縮の効果がもっとも大きくなった。
- ・供試体の初期高さを 35cm に換算して得られる脱水時間は、同じドレーンを用いたケースにもかかわらず、ばらつきが生じる。

【参考文献】1) 倉富樹一郎 (2003): 高圧脱水固化による高強度構造体の大型化, 土木学会西部支部研究発表会講演会概要集, pp.A-290-pp.A-291.

表-1 実験ケース表と脱水時間

ケース	ドレーンの種類	ドレーンの本数 (本)	ドレーン径 (cm)	ピッチ (cm)	載荷圧 (kgf/cm ²)	初期高さ (cm)	脱水時間 (min)	脱水時間の低減率 (%)	
								計算法	計算法
CASE1	なし				1	35	7112		
CASE2	紐 (麻) ドレーン	10	2	15.2	0.1	35	2130	70.05	70.05
CASE3					0.2	17.6	1466	79.39	18.48
CASE4					0.5	16.5	1020	85.66	35.47
CASE5					1	15.5	690	90.30	50.53
CASE6	ファイバードレーン	10	2	15.2	0.1	35	3210	54.87	54.87
CASE7					0.2	20.3	2310	67.52	3.45
CASE8					19.3	1107	84.43		48.81
CASE9	剣山型ドレーン	7	5	17.3	35	2335	67.17		67.17
CASE10					35	3392	52.31		52.31
CASE11	剣山型ドレーン (吸水材)	7	5	17.3	35	2601	63.43		63.43
CASE12	伸縮性ドレーン (吸水材)	7	5	17.3	35	2401	66.24		66.24

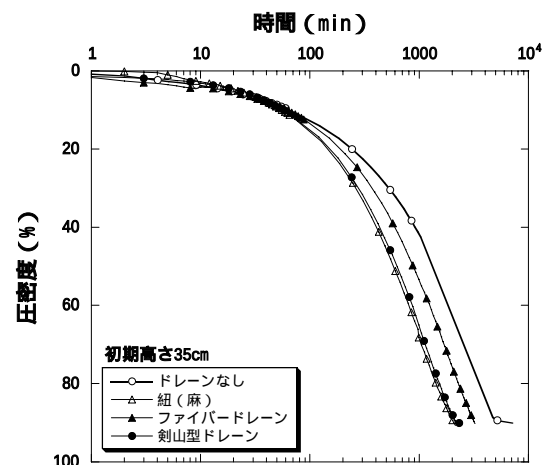


図-5 時間と圧密度 (ドレーン径 2cm)

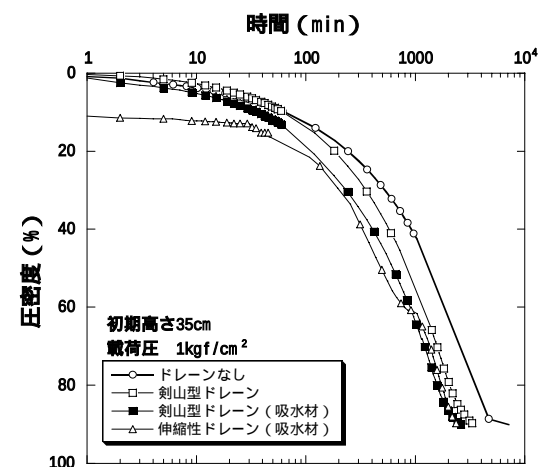


図-6 時間と圧密度 (ドレーン径 5cm)

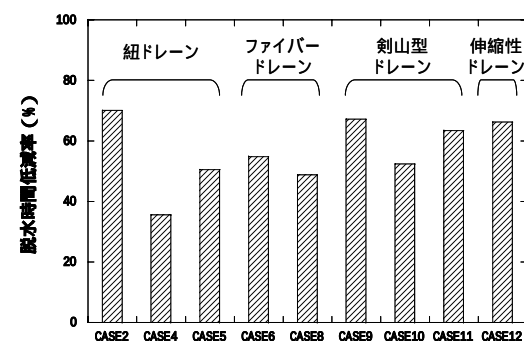


図-7 脱水時間低減率