

FEM 解析を用いた鉛直ドレーン使用時の固化処理土の脱水特性

九州大学大学院 学 ○倉富 樹一郎
九州大学大学院 正 陳 光斉

九州大学大学院 正 善 功企
九州大学大学院 正 笠間 清伸

1. はじめに

現在、循環型社会の構築の観点から、建設副産物を有効利用する技術が求められている。また、港湾の浚渫工事に伴い発生する浚渫粘土は、処理地が飽和状態になりその処分が難しくなっている。そこで、著者らは、浚渫粘土を利用して大型の高強度構造体を開発し、消波ブロックや根固めブロックなどの大型の構造体として利用することを試みている。これまでの研究成果¹⁾より、浚渫粘土に固化材を混合した後、ドレーン材を使用し高圧脱水することで、短時間で減容化かつ高強度化した固化処理土を作製できることが確認されている。また、その固化処理土は十分な強度と均質性を有することが明らかになっている。よって、大型化にむけて、ドレーン材の複数配置が必要となるため、今回、FEM 解析を利用し、ドレーン材の脱水特性について圧密度と間隙水圧に着目して検討を行った。

2. FEM 解析概要

解析の条件として、線形ひずみ三角形要素を使用し、軸対称条件とした。粘土の構成則には、線形弾性モデルを用いた。解析で使った土質定数は、セメント添加率 30%、載荷圧が 20MPa、排水条件が上下端+周面排水、直径 50mm、高さ 250mm のモールドを使用した実験で得られた脱水時間と沈下量のデータより粘土の透水係数 k_v と弾性係数 E を定めた。また、ドレーン使用時の透水係数 k_d は、上の条件に加え、供試体の中心に径が 10mm の真鍮製のドレーンを使用した実験結果より定めた。ドレーン使用時はドレーンの径に応じた幅のブロック 1 列の透水係数を k_d に設定した。以上の条件と図-1 に示す解析モデルで FEM 解析を行った。

3. 解析結果

図-1 の解析モデルについて、排水条件を上下端、上下端+周面、ドレーン、ドレーン+上下端、ドレーン+周面、ドレーン+上下端+周面の 6 ケースの時間 t と圧密度の関係を図-2 に示す。排水条件の違いによる圧密度と時間係数の関係を比較すると上下端排水に加えて周面とドレーンによる排水を使用することで、約 2 オーダー程度、脱水時間を短縮できることがわかる。これは、今回のモデルでは、高さ方向が半径方向に比べて、40 倍のスケールであることによると考えられる。また、脱水時間を最も短縮させたのは周面による排水であるが、これは、ドレーンに比べ固化処理土に接している表面積が大きいことによると考えられる。

次に固化処理土の大型化を目的としたドレーンの使用に加え、脱水時間の短縮化を図るために、供試体の中心に 10mm のドレーンを配置し、図-1 の解析モデルで脱水停止時の平均圧密度を小さくすることを検討した。脱水終了時の平均圧密度を 80%とした場合の間隙水圧の分布を図-3 に示す。ここで、平均圧密度は、沈下量/最終沈下量で求めた。今回の条件では、直径が 25cm に対して、高さが 1m と大きいために上下端の効果は、上下端の周辺で

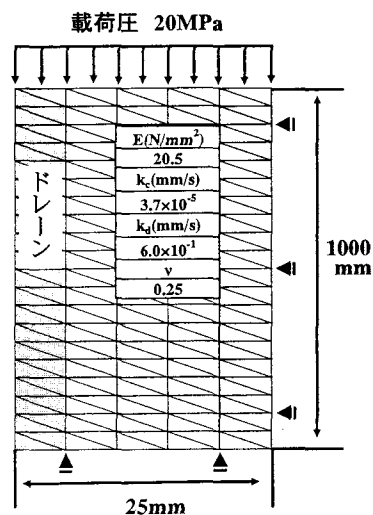


図-1 解析モデル

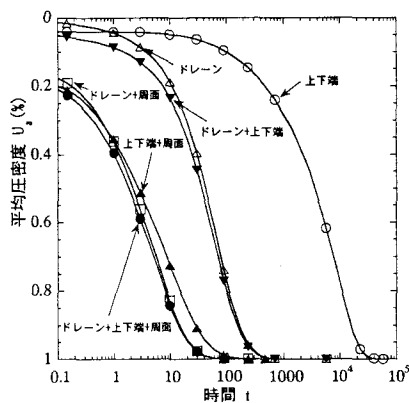


図-2 排水方法の違い

しか見られなかった。また、高さ方向では、500mm に近づく程、また半径方向では中心から遠くなる程、間隙水圧は消散されず、その部分は、圧密が進んでいないと考えられる。この時の固化処理土に発生している鉛直有効応力 σ_v' は、載荷圧からその部分の間隙水圧を引いた圧力と考えられる。さらに図-3 の間隙水圧の分布と田畑ら²⁾の実験結果から得られた載荷圧と一軸圧縮強度 σ_s の関係式、 $\sigma_s = 4.4865 + 14.205 \times \log \sigma_v'$ より得られた平均圧密度 80% の時の一軸圧縮強度分布を図-4 に示す。図-3 のように間隙水圧に大きなばらつきがあるため、図-4 の一軸圧縮強度の分布もばらつきを示すが、強度が最大の部分と最小の部分の差が、3.5MPa と小さい。また、最も強度の小さくなっている部分でも 19.9MPa の一軸圧縮強度を示している。高圧脱水固化処理土を無筋コンクリートして再利用するためには、一軸圧縮強度が 18MPa 以上必要であるが、今回の結果は、ややばらつきはあるものの、十分所要の強度を有するものと考えられる。図-5 に平均圧密度 U_a とその時の最小の一軸圧縮強度、並びに 3t 法による圧密完了時間と、脱水停止時間の比を示す短縮率の関係を示す。すなわち、短縮率 $= 100 \times (1 - \text{所定の平均圧密度 } U_a \text{ になる脱水時間} / 3t \text{ 法使用時の脱水完了時間})$ で定義している。図-5 より 18MPa 以上の一軸圧縮強度を得るためには、平均圧密度 U_a が 70% 以上必要であることがわかる。また、圧密停止をこの圧密度にすれば、脱水時間を約 92% 短縮できることがわかる。図-6 にドレーン径 d_w と有効径 d_e の比 n を変化させた時の時間係数 T_h と平均圧密度 U_a の関係を示す。 n が小さくなると平均圧密度と時間係数の関係は下側に移動し圧密は早く完了する。 n の増加に伴い、 d_w が増加もしくは、 d_e が減少し、排水距離が増加したためであると考えられる。大型化について考える上では、 n をできるだけ小さくした方が有効であるが、必要となるドレーンの数が増加する。また、図-5 の関係を利用し、脱水を停止する平均圧密度を定め、またドレーンを供試体から引き抜くさいに発生する空隙量を考慮することにより、最適な n を定めることができると考えられる。

4. 結論

今回使用した解析モデルにおいて、脱水終了時の圧密度を下げることによって、圧密度にばらつきが発生することがわかった。しかし、脱水時間は短縮でき、圧密度 70% 以上にすれば、最も強度の小さい部分においても 18MPa 以上の一軸圧縮強度を確保できることが明らかになった。また、脱水終了時の圧密度と短縮率と使用したドレーンを引き抜きによる空隙量について考えることで最適な n が定められると考えられる。

参考文献：1) 倉富樹一郎，善功企，陳光齊，笠間清伸(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概要集，pp.A-290-pp.A-291。
2) 田畑陽丞，善功企，陳光齊，笠間清伸（2001）：定圧載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

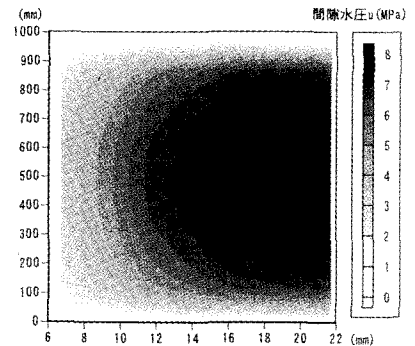


図-3 間隙水圧の分布 (U=80%)

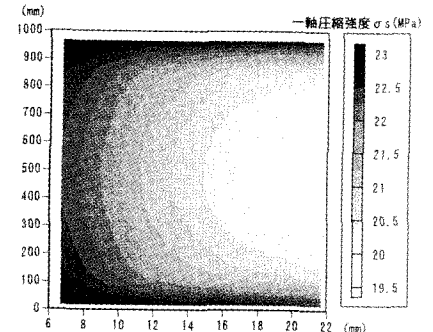


図-4 一軸圧縮強度の分布 (U=80%)

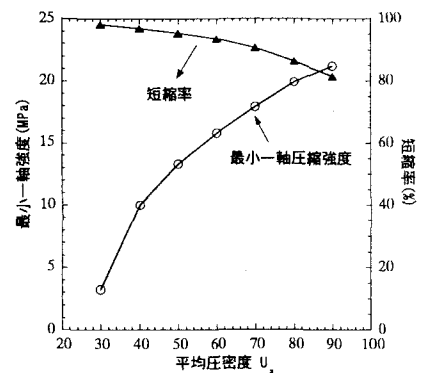


図-5 最小一軸圧縮強度の考察 (U=80%)

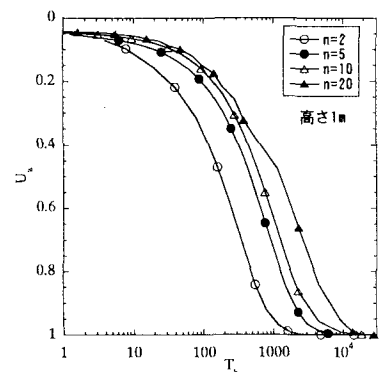


図-6 T_h - U 曲線 (n の影響)