

パーティカルドレーンの余長を利用したマットレジスタンス対策に関する研究 （その1）模型実験による効果の検証

京都大学 学生会員 ○張 祐榮
京都大学防災研究所 正会員 三村 衛
前田建設工業 正会員 武部 篤治 石黒 健
大洋基礎 松島 仁文

1. はじめに

パーティカルドレーン工法は、透水性の低い粘土地盤に砂やプラスチックボードといった高透水性材料を鉛直に打設し、排水距離を小さくすることによって圧密を促進させるものである。しかしながら、細粒分を多く含むサンドマットのマットレジスタンスにより、鉛直ドレーンの排水効果に深刻な影響が出て、当初の目的通り圧密が進行しないという事態が起こっている。将来的にも良質な海砂や山砂の利用が、環境面、経済面から難しくなる一方、建設廃材やしゅんせつ土砂をサンドマット材として活用する傾向が高くなり、サンドマットの排水性が劣悪化することが考えられる。そこで本報告では、こうしたマットレジスタンスによる圧密阻害を改善するために、鉛直ドレーンの余長を相互に連結する工法を提案し、その有効性を室内模型実験によって検証した。

2. 実験装置

模型実験装置の概要を図-1に示す。実験装置は載荷部と制御・計測部からなっており、軸方向の載荷はメガトルクモータによって行うシステムとなっている。圧密試験用土槽はステンレス製、直径30cm、高さ32.5cmの円筒形で、底面に3カ所間隙水圧測定用穴を設けている。円形の載荷蓋の内側は真ん中の正方形の部分为非排水境界に、周囲の4分割ブロックにポーラスストーンをはめ込んで排水境界としている。ポーラスストーンで集められた水は載荷蓋外側の排水口からまとめて排出される。一方載荷蓋中央には水圧測定用の穴が設けられており、サンドマットまたはドレーン頭部の水圧を測定することになる。載荷は鉛直一方向であり、メガトルクモーター制御で行う。一連の制御、データの取り込みについてはすべてPC制御で行われ、計測される、荷重（応力に変換）、変位、間隙水圧3点のデータは自動的にPCに取り込まれるようになっている。

3. 実験条件と方法

本研究はマットレジスタンスが排水を阻害するような場合に、鉛直ドレーンを相互に結節することによって所定の透水性を確保することができるかどうかを調べることが目的であるので、表-1に示すような実験シリーズと比較する。ケース1は無処理地盤で上面のみ排水という基本パターンとなっており、使用する粘土の圧密特性を捉えるためのものである。ケース2は鉛直ドレーン有りかつサンドマットは良質な砂を利用するというもので、マットレジスタンスのない理想的な条件を想定している。ケース3は鉛直ドレーン有りでその頭をろ紙で繋ぐことによって提案工法の効果を調べるための試験となる（図-2）。ケース4は鉛直ドレーンは打設されているが、サンドマットを置かないことによって、マットレジスタンスが極端に悪い条件を仮定している。実験に用いた粘土は、京都市伏見区深草の丘陵地に現れる粘土を粉碎して作製した「藤森粘土」で、粒径的にはシルトに分類される。藤森粘土の物理特性を表-2に示す。鉛直ドレーンとして豊浦標準砂を用いる。ドレーンは原位置との寸法比を考慮して、図-2に示すように、直径 $\phi=15\text{mm}$ 、ピッチ75mmの正方形配置とした。間隙水圧測定は図-1に示したように、間隙水圧 Δu_1 はドレーン間の粘土層下端、間隙水圧 Δu_2 は中央ドレーン中心下端、間隙水圧 Δu_3 は粘土層上部サンドマット上端での水圧を計測している。また鉛直変位はダイヤルゲージを直接載荷蓋に当てて測定する。実験方法は、1) 藤森粘土パウダーを約100%の含水比で十分に練り返す。2) 2日間自重圧密させる。3) 偏心荷重が作用しないようにして4.9kPaの荷重を1日間、9.8kPaの荷重を2日間、19.6kPaの荷重を3日間、39.2kPaの荷重を4日間、49.0kPa

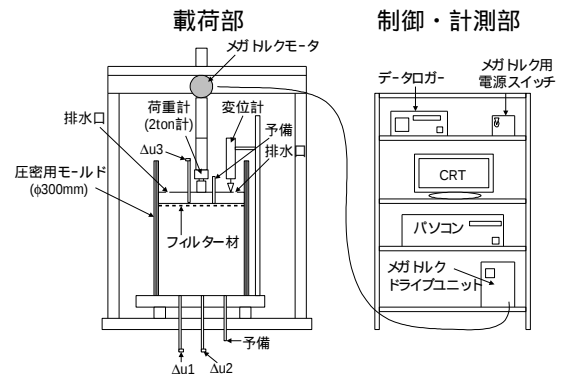


図-1 模型実験装置の概要

表-1 実験シリーズ

	サンドドレーン	サンドマット
ケース1	無	有
ケース2	有	有
ケース3	有	余長を連結
ケース4	有	無

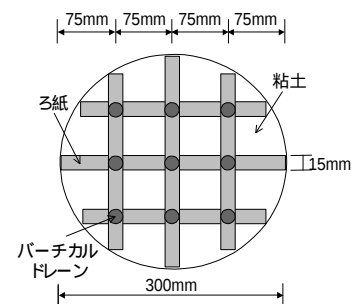


図-2 提案工法

表-2 藤森粘土の物理特性

w_L (%)	w_p (%)	I_p	G_s
57.80	29.13	28.67	2.58

キーワード：パーティカルドレーン工法、サンドマット、マットレジスタンス、間隙水圧

連絡先：(住所) 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 (電話) 0774-38-4091 (FAX) 0774-38-4094

の荷重を7日間それぞれ載荷する。4) 49.0kPaの荷重まで圧密させた後、一旦完全に除荷し、圧密容器内にある粘土地盤にサンドドレーン設置する(ケース1の場合はサンドドレーン設置しない)。5) 各ケースに当たる地表面排水材(サンドマット)設置する(本実験にはサンドマット代わりにろ紙を使用)。6) 49.0kPaの荷重の下で1日間再圧密し、地盤を安定させる。7) 安定させた後、176 kPaの荷重を7日間載荷(改良地盤への載荷)、沈下の進行と間隙水圧発生消散過程を測定する。

4. 実験結果と考察

各試験における沈下性状を比較して図-4に示す。同図の縦軸は沈下による圧密度を表しており、刻々の沈下量を最終沈下量で基準化したものである。無処理の片面排水条件であるケース1が圧密の進行が最も遅れていることがわかる。またドレーンを打設していても粘土層表面に難透水性のサンドマットがあると仮定しているケース4も、圧密初期段階では無処理の場合とほとんど変わらない沈下速度で推移し、後半部分でやや先行する性状を示している。これに対して理想的な条件を設定したケース2では、すべてのシリーズの中で最も早く圧密が進行している。また提案工法をモデル化したケース3でもケース2には若干劣るものの、それに近い圧密進行を示していることがわかる。圧密度の進行で見ると、ケース2, 3とケース1, 4の2つのグループに分けて考えることができる。次に、同じポイントでの水圧比の時間的推移を実験ケースをパラメータとして比較する。図-5に粘土層下端の Δu_1 の比較を示す。無処理(ケース1) マットレジスタンス大(ケース4) 提案工法(ケース3) 良質サンドマット(ケース2)の順に粘土層内の水圧消散が遅れている。提案工法と良質サンドマットには大きな差があるように見えるが、これは載荷直後の絶対値の差であり、ピーク以降は急速に消散モードが重なるようになってくる。載荷直後の過剰間隙水圧の大きな発生過程では提案工法と前面排水層となる良質サンドマットに差が現れるが、荷重一定状態で落ち着くと、提案工法の排水能力で十分良質サンドマットの働きが可能であることがわかる。これに対してサンドマットのレジスタンスが大きい場合には、ドレーンがあってもかなり消散遅れが発生し、ドレーン打設の効果を著しく阻害している。中央ドレーン下端(Δu_2)の水圧比の時間的推移を図-6に示す。ここでも提案工法と良質サンドマットの傾向は粘土層の場合と定性的に同じ傾向を示している。これに対して、ケース1と4の場合を比較すると、ケース4ではドレーンが存在することにより、水圧の伝播が砂杭を通して早期に起こり、載荷後直ちに水圧比が0.8まで上昇する。ただし上面が難透水性のサンドマットで蓋をされた状況になっているため、ドレーンの打設されていないケース1と変わらない性状を示している。長期的にはケース1に比べていくぶん消散が先行するものの、良質サンドマット(ケース2)や提案工法(ケース3)の場合と比較すると水圧消散は大きく遅れており、マットレジスタンスによる圧密遅れは非常に深刻であることがわかる。次にサンドマット部における水圧比の時間的推移を図-7に示す。無処理のケース1では、排水境界になっていることもあり、水圧は順調に消散して単調現象モードとなっている。図-5における同時刻の Δu_1 を非排水境界における最大水圧として上面との間にアイソクロンが形成されている典型的な一次元圧密問題を考えればよい。これに対して鉛直ドレーンが存在すると上面サンドマットでの水圧発生消散モードが全く異なってくる。すなわち、ドレーンの高い排水能によって水圧が伝播し、消散モードにその後排水境界のサンドマットのレジスタンスの違いによって量的な相違が現れる。ただし、定性的な消散モードはそれぞれ類似したものとなっている。ケース2~4を比較すると難透水性サンドマットのケース4は決定的に圧密が阻害された性状を示している。このことから、サンドマットのレジスタンスはドレーン改良地盤の沈下促進を妨げる大きな要因となっていることがわかる。

5. まとめ

サンドマットのマットレジスタンスの影響を、鉛直ドレーンの余長を相互に連結することによって回避する工法を考案し、その効果を模型実験によって検証した。その結果、ドレーンを打設してもマットレジスタンスが大きくなると無処理地盤に近い挙動を示す一方、その場合であっても鉛直ドレーン頂部を連結すれば、圧密の進行は良質サンドマットを敷設した場合と遜色ないものになることが実験によって明らかとなり、本工法が非常に有用であることがわかった。

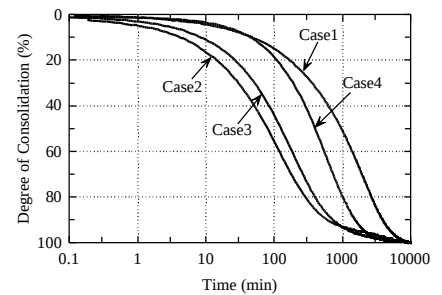


図-4 時間 - 圧密度関係

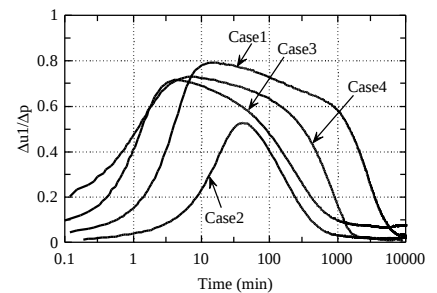


図-5 時間 - Δu_1 関係

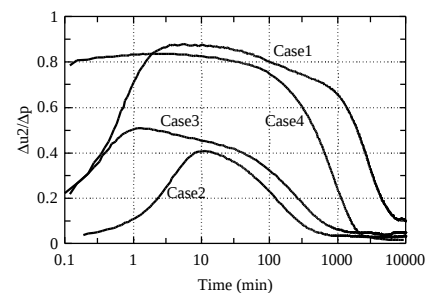


図-6 時間 - Δu_2 関係

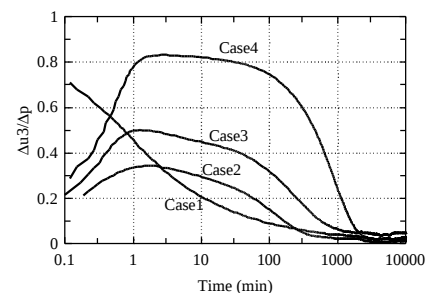


図-7 時間 - Δu_3 関係