

職場紹介： 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門

教授 嘉門 雅史

1. はじめに

京都大学防災研究所は昭和26年4月に、自然災害の学理の解明と災害防止技術の確立を目的に大学の付置研究所として設立されたものである。当研究部門は発足当初から村山朔郎教授が担任し、その後柴田 徹教授に引き継がれたものであり、筆者で3代目に当たっている。京都大学土木系の土質研究グループの中でも主導的役割を果たしてきた研究部門の一つである。したがって、土質関係の一般的な実験装置は全て完備されており、さらに工学部土木系教室との相互利用システムに基づいて、土質研究グループのメンバーは実験装置の利用に際して研究室間の垣根は存在しない。ここでは、最近における当研究部門の研究テーマをリストアップするとともに、部門に所属している実験装置の中でジオテキスタイル研究に関連するものに限って紹介するものとする。

2. 当研究部門の最近の研究テーマ

2. 1 ジオテキスタイル関連研究

- (1) 水平排水材の補強特性の評価研究
- (2) プラスティックボードドレーンの設計合理化研究

2. 2 軟弱地盤の変形挙動研究

- (1) 走査電子顕微鏡による粘性土のせん断変形の微視的挙動解明研究
- (2) 大規模埋立による海底地盤の沈下挙動の粘弾塑性解析研究
- (3) データベースを用いた海底地盤の沈下挙動の評価研究

2. 3 環境地盤災害の防止研究

- (1) 廃棄物埋立地盤の早期跡地利用技術開発研究
- (2) 建設汚泥の迅速脱水固結システム開発研究
- (3) 産業廃棄物の処理・処分と有効利用研究
- (4) 酸性雨の地盤特性への影響評価研究

2. 4 地盤改良工法研究

- (1) 鉄筋挿入補強工法による斜面安定機能評価研究
- (2) 軟弱粘性土地盤の固化処理による安定化の評価研究
- (3) 安定処理路床・路盤の特性と耐久性評価研究

2. 5 遠心力載荷実験装置を用いた各種モデル実験

3. 各種装置の紹介

上記2. で紹介したような多様な研究テーマに対して、使用している全ての実験装置を示すことがここでの目的では無いから、以下には3つの実験装置に限定して紹介する。

3. 1 遠心力載荷実験装置

遠心模型実験は、回転腕の先端部に小型模型を取り付け、腕を高速回転することにより、小型模型に定常的な遠心力を負荷した状態で行う実験方法である。これにより見掛けの重力加速度を大きくし、模型内に大きな自重応力場を生成し得る利点を持つ。土質材料の変形破壊特性は有効拘束圧に強く依存し、応力レベルは模型の挙動に影響を及ぼすため、自重応力場の再現性に優れた遠心模型実験は、通常の小型模型実験に対しアドバンテージを有することとなる。昭和62年度に遠心力載荷実験装置（有効回転半径2.5m、実験容量24 g-ton）を導入以来、同装置を用いて地震や波浪による砂地盤の液状化実験やトンネル掘削実験、杭の水平載荷実験を行っている。現在は必ずしもジオテキスタイル研究に適用しているわけではないが、これまで実施された主たる実験の概要を示す。

（1）振動実験：油圧サーボ式振動載荷装置を用いて、水平飽和砂地盤の地震時液状化性状を調べている。実験容器として矩形アルミ枠を積層したせん断土槽を用いることにより、土槽境界における地盤変形の拘束を緩和している。また、振動現象と圧密現象における時間相似率の整合性を考慮するために、間隙流体として高粘性のシリコンオイルを採用している(粘性スケーリング)。振動載荷前後においてミニチュアコーン貫入試験や弾性波速度の計測を行い、これら原位置調査より求められた地盤物性指標と液状化強度との相関性を調べている。

（2）波浪実験：海底地すべりなど波浪や潮位変動による海底地盤の不安定化機構を解明するために、フラップ型造波実験装置を用いて、水平砂地盤内の間隙圧応答を調べている。粘性スケーリングを導入したゆる詰め砂地盤の重複波載荷実験では、地盤内に発生する残留過剰間隙圧が初期有効土被り圧を越え、地盤が液状化に至ることを確認している。

（3）トンネル掘削実験：土被りの小さい土砂トンネルの掘削に伴う周辺地山の変位挙動を解明するために、二次元掘削シミュレーション実験を行っている。地盤材料として長さ5cm、直径1.6mm～3mmのアルミ棒積層体を用い、トンネル模型の直径を収縮させることにより掘削過程をシミュレートしている。

（4）杭の水平載荷実験：水平力を受ける群杭の群杭効率、荷重分担率および杭間相互作用に及ぼす、杭間隔や相対位置の影響を明らかにするために、単杭および2本群杭の水平載荷実験を行っている。また、杭-地盤模型を対称面で切断し、対称面を透明板とした半断面単杭水平載荷実験装置を用いて、杭変位に伴う周辺地盤の変形挙動を観測している。

3.2 引き抜き試験装置

ジオテキスタイル補強土工法において、ジオテキスタイルに発揮される応力がどの程度土に伝達されるか、あるいはジオテキスタイルが有する引張り抵抗により土の変形がどの程度拘束されるかを評価するための引き抜き試験を実施している。以下に用いている引き抜き試験装置（図-1の通り）の諸元を、試験の準備手順にしたがって説明する。

引き抜き試験装置の土槽は、内寸幅50cm、長さ80cm、高さ10cmの土槽枠を積み重ねることによって組み立てられ、土槽厚さは20cm～60cmに設定することができる。

土槽底部には鉛直・せん断2方向ロードセルが設置してあり、土槽底部の鉛直・せん断応力の変動を知ることができる。また、土槽の引き抜き側壁面中央の引き抜きスリット上下各5cmの位置には土圧計があり、ジオテキスタイル材料の引き抜きに伴って生ずる受働土圧を計測できる。なお土槽内部の壁面にはグリスを塗りメンブレンを密着させて、土試料と側壁面の摩擦による引き抜き試験結果への影響を最小限にしている。

土試料には砂質土を用い、可走式ホッパーを用いて自由落下法により作成する。下部土層を作成した後、ジオテキスタイル材料を敷設する。このジオテキスタイルには直径0.2mmのワイヤーが一定間隔で縫いつけてあり、ステンレスパイプを通して後部土槽外に延びている。このワイヤを変位計に接続することで、引き抜きによって生ずるジオテキスタイル材料の変位を測ることができる。なお、変位計はストロークの先にこのワイヤーを接続し、ジオテキスタイル材料が変位するとストロークが伸び電位差が変化するというもので、ワイヤーを緊張させるためにストローク先端と変位計先端との間に輪ゴムを取り付けている。ジオテキスタイル材料は敷設後、先端を波形板とローレット目を刻んだ鋼板からなるチャック部に固定する。

上部土層を下部土層と同じように自由落下法により作成する。土試料が全て落下した後、上載圧が均等に加わるように刷毛ないしこてで軽く表面を均す。上載圧は土試料上面と土槽ふたの間に挿入するエアバッグを用いて、空気圧により载荷する。土槽ふたにはエアバッグ用のチューブを通す穴があいており、土槽組立時には慎重な作業が要求される。引き抜きはスクリュージャッキにより行われる。引き抜き速度はモーターの回転数を調節することで変化できる。通常引き抜き速度は1mm/minで試験を行うのが一般的である。引き抜き荷重はスクリュージャッキとチャックの先端にあるロードセルによって計測する。

測定項目は引き抜き荷重、ジオテキスタイル材料の変位（7ヶ所）、壁面土圧、土槽底面応力変動（6ヶ所）であり、これらのデータはひずみ計測器を経てコンピューターに記録される。

試験結果の例として、大阪府ジオテキスタイル技術研究会において開発された、複合構造の水平排水材（パイル構造水平排水材）と、既存のспанボンド不織布との引き抜き特性を図-2と図-3に示した。

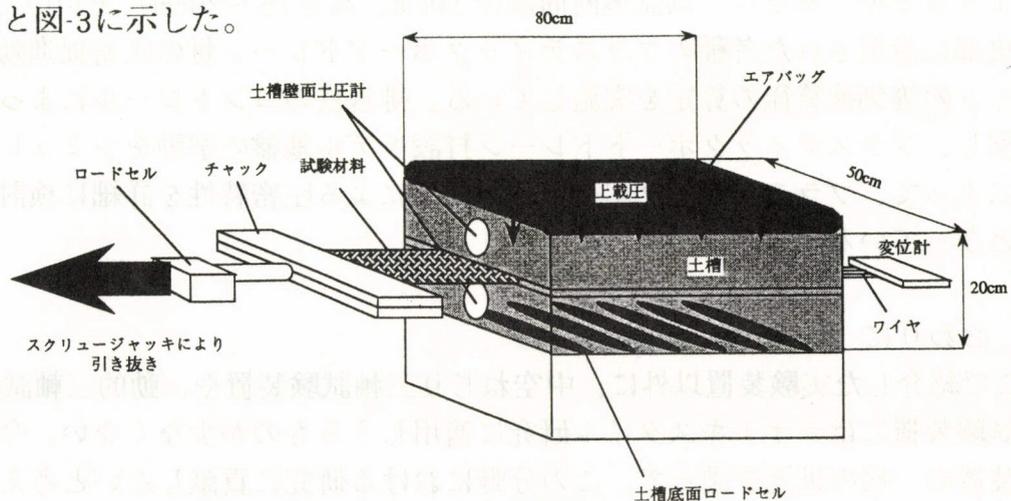


図-1 引き抜き試験装置

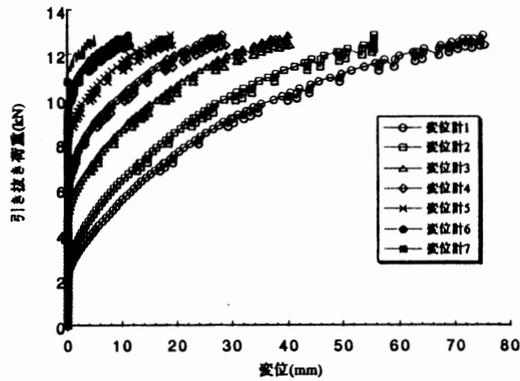


図-2 引き抜き試験によって得られる変位～引き抜き荷重関係
(パイル構造水平排水材 上載圧49.0kPa)

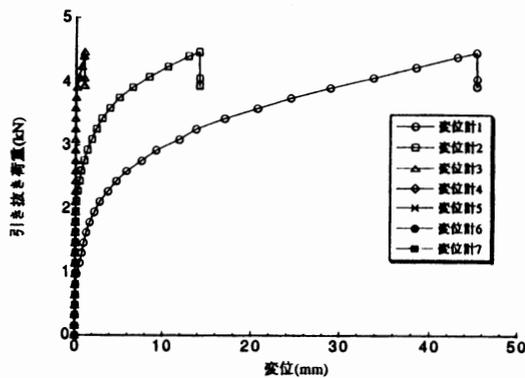


図-3 引き抜き試験によって得られる変位～引き抜き荷重関係
(スパンボンド不織布 上載圧49.0kPa)

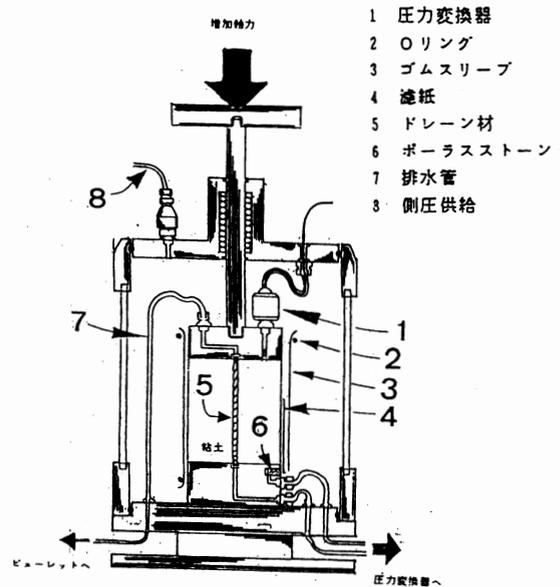


図-4 プラスティックボードドレーン
圧密用三軸セル

3. 3 プラスティックボードドレーンによる圧密実験装置

プラスチックボードドレーン工法はこれまでに数多くの施工実績を有しながら、その評価において必ずしも十分なコンセンサスが得られていない。設計における合理化のために各種材料の通水性能評価試験方法を提案し、拘束条件下及び変形条件下における通水能力の検討が重要であることを示した。

さらに、設計時における等価換算径の算定方法も課題の一つであることから、図-4に示すような中型三軸セル（供試体断面直径:10cm、高さ15～20cm）を用いて、粘土供試体中央部に設置された各種のプラスチックボードドレーン材の圧密促進効果の評価とドレーンの等価換算径の算定を実施している。排水量のコントロールによって K_0 条件を確保し、プラスチックボードドレーン打設モデル地盤の挙動をシミュレートした。これによって、プラスチックボードドレーンによる圧密特性を詳細に検討することが可能となっている。

4. おわりに

ここで紹介した実験装置以外に、中空ねじり三軸試験装置や、動的三軸試験装置など現有試験装置にはジオテキスタイル研究に適用しうるものが少ない。今後はこれら試験装置の一層の拡充を図って、この分野における研究に貢献したいと考えている。各位のご鞭撻をお願いする次第である。