Ｅーディフェンスによる地盤基礎実験結果の可視化システムの開発

防災科学技術研究所　正会員　○田端憲太郎
防災科学技術研究所　正会員　佐藤　正義
ソフト・プライム　中島　寛
東京ソイルリサーチ　正会員　阿部　秋男

１．はじめに

地盤の液状化に伴う側方流動現象や地盤・基礎の動的相互作用等を調べるため，土槽内に地盤や基礎構造物等の模型を設けた試験体に対する振動実験が，Ｅーディフェンスによる大型土槽の震動実験を含め，数多く実施されてきた。一般的に，模型試験体を用いる実験では，土槽内に地盤や構造物のモデルが作製されるために地表面以上の挙動のみが観察可能であり，地盤内部を含む試験体全体の実験時挙動をイメージすることは困難である。このような実験では，地盤内部の動きと同時に計測データの時刻歴を見ることができれば，実験時の地盤や構造物の挙動をより深く理解することが可能となる。そこで筆者らは，振動実験の計測データを使用して，試験体挙動を3次元アニメーションと2次元グラフ表示する可視化システムの開発[1)]に取り組んだ。本文では，このシステムの概要について報告する。

２．システムの概要

本システムは，「QuakeVis」，「Make-data」，「Make-model」の3つのソフトウェアで構成されている。

(1)QuakeVis：可視化するソフトウェア本体であり，試験体挙動の3次元アニメーションと2次元グラフによる表示が可能である。3次元アニメーション表示では，変位データを用いて実験時の試験体挙動を可視化する。また，加速度，ひずみ，土圧，間隙水圧等については，それらの測定位置にマーク(球，円錐等)を表示し，マークの大きさを変化させることにより物理量変化を表現する。本ソフトウェアでは，試験体とマークの表示を拡大・縮小と回転(任意方向から見ることが可能)させることができ，変位・加速度・ひずみ・土圧・間隙水圧の表示スケールをアニメーション実行の途中でも自由に変化させることが可能である。さらに，2次元グラフにより実験データの時系列を表示できる。本ソフトウェアは，実行ファイル群の他に，次の3種類のファイル・フォルダで構成される。

・modelsフォルダ：モデル(土槽，地盤，杭等)の形状と実験時動作を定義する「modelファイル」を含む。
・dataフォルダ：実験で収録された計測データから，挙動を可視化(3次元アニメーションと2次元グラフ表示)するために最適化された「dataファイル」を含む。
・メタデータ「metadataファイル」: modelファイルとdataファイル内の各データを関連づけ，アニメーション表示方法を定義する。

(2)Make-data：Ｅーディフェンスによる実験データ等，記録間隔が非常に短い計測データは可視化処理時に大きな負荷となることから，本ソフトウェアで可視化用に計測データを最適化する(dataファイルの作成)。さらに，本ソフトウェアにより，加速度から積分による変位算出等の計測データの処理・補正・編集が可能である。また，metadataファイルはテキスト形式のファイルであるが，試験体の各要素の座標とそれに対応する数多くの計測デー

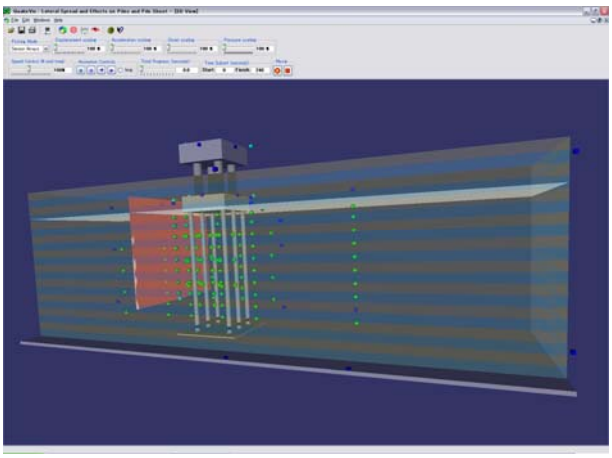

図１　矢板護岸の側方流動実験の可視化

キーワード　可視化，模型実験，振動台実験
連絡先　〒673-0515　兵庫県三木市志染町三津田西亀屋1501-21　TEL: (0794) 85-8211

タ(変位，加速度，ひずみ，土圧，間隙水圧等のx，y，z方向の時刻歴)と測定位置の関連づけには時間と労力を要するため，本ソフトウェアにより短時間・簡便なmetadataファイル作成作業を実現した。

(3) Make-model：modelファイルはCADソフトウェアやエディタで作成可能であるが，モデルを構成する要素が膨大なため，本ソフトウェアによりmodelファイルの作成の時間短縮と作業を簡便化できる。

３．実験結果の可視化

本システムの適用例として，**図１**にＥ－ディフェンスによる矢板護岸の側方流動実験[2]を可視化した表示画面を示す。**図１**の土槽外側に見られる縞模様は地盤要素を示し，杭の周辺に見られる黄緑色や青色の点は加速度計や水圧計の測定位置を示している。**図２**に，**図１**と異なる方向から見た実験終了後における矢板の水平移動と傾斜，杭基礎構造物の残留変位を示す。次に，Ｅ－ディフェンスによる水平地盤実験[3]での杭基礎構造物と地盤(外側の縞模様で表示)の試験体の様子を，**図３・４**に示す。**図３**は加振前の状態，**図４**の左側は加振開始から35秒経過した時点の状況であり，杭基礎や地盤要素の変形が示されている。なお，杭表面の赤いマークは，その位置のひずみの大きさを表している。**図４**の右側には，地盤の加速度の35秒時点における深度分布と，この時点までの各深度の時刻歴が表されており，試験体挙動の3次元アニメーションとあわせて，2次元グラフを同時に表示させることが可能である。

本システムは地盤模型実験だけに限らず，種々の振動実験の可視化に利用できる。**図５**は簡単な建物をイメージした試験体の表示例であり，各層ごとに色を変化させて振動時の建物の変形挙動を表示させることが可能である。

４．まとめ

Ｅ－ディフェンスによる地盤基礎実験などの振動実験における試験体状況の可視化ができるようになり，地盤内部や地盤中のモデルの挙動を見ることができるようになった。しかし，構造物の破壊状況等を正確に表現するまでには至っておらず，機能追加・修正により本システムを発展させる必要があると考える。

参考文献：1) Meneses, J., Sato, M. and Abe, A.: A 3-D visualization system for large-scale experimental geotechnical earthquake databases, 4th Int'l Conf. Earthquake Geotech. Engr., Greek, Paper No.1341, 2007. 2) 田端，佐藤，徳山：Ｅ－ディフェンスによる矢板護岸と杭基礎構造物を有する模型地盤の液状化に伴う側方流動実験，第42回地盤工学研究発表会，1465-1646，2007. 3) 田端，佐藤，時松：Ｅ－ディフェンスによる非液状化地盤中の杭基礎の震動実験(その1：大型せん断土槽を用いた水平地盤実験の概要)，日本建築学会大会講演梗概集，635-636，2007.

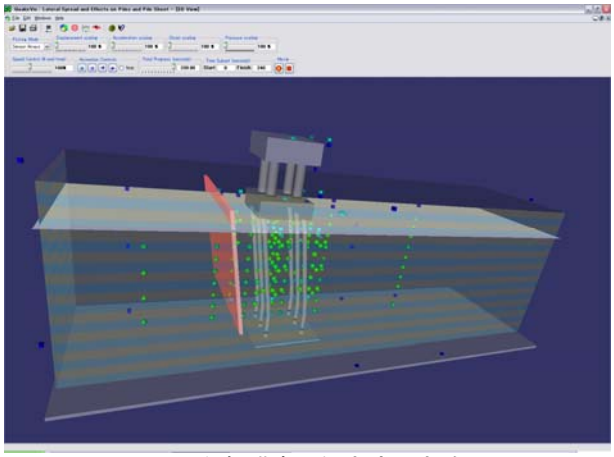

図２　矢板護岸の側方流動実験の実験終了後における可視化

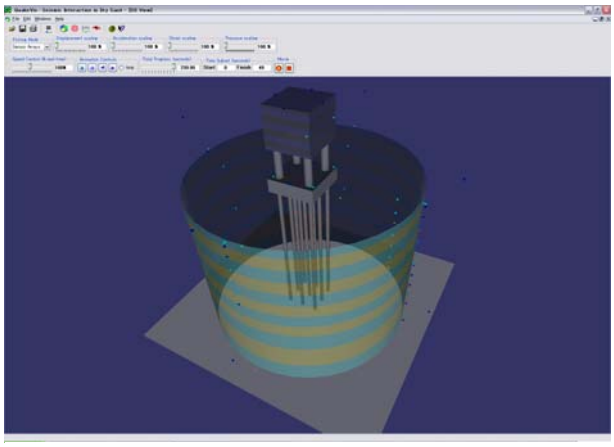

図３　水平地盤実験の可視化

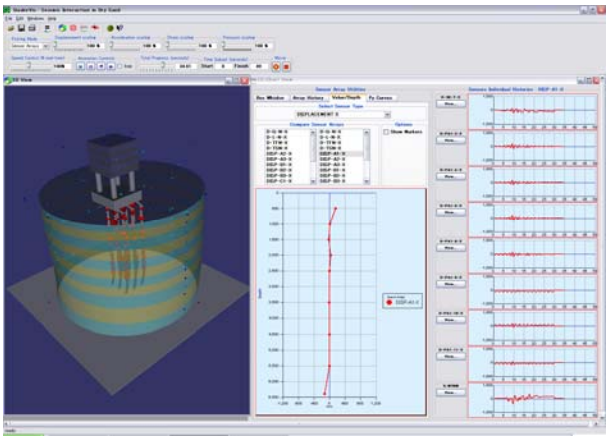

図４　水平地盤実験の35秒時点の可視化

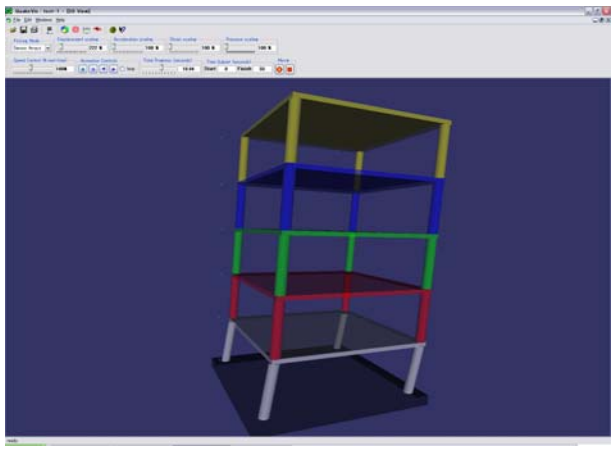

図５　建物の震動実験の可視化例