

### 3.3.2 強非線形地盤 - 杭基礎構造物の三次元数値解析に基づいた杭応力の特性

## 目 次

### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 3カ年の年次実施計画
- (e) 平成15年度業務目的

### (2) 平成15年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
  - 1) 解析の基礎的事項の検討
  - 2) 解析との比較のための実験データ処理
  - 3) 液状化地盤・杭・短周期構造物の解析的検討
  - 4) 液状化地盤・杭・やや長周期構造物の解析的検討
  - 5) 実験結果のシミュレーションのための地盤モデルの修正
  - 6) 成果の発表
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

### (3) 平成16年度業務計画案

## (1) 業務の内容

(a) 業務題目：強非線形地盤 - 杭基礎構造物の三次元数値解析に基づいた杭応力の特性

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
鹿島建設(株)技術研究所			
都市防災・風環境グループ	上席研究員	八幡 夏恵子	Kaeko@kajima.com
建築基礎構造グループ	上席研究員	鈴木 康嗣	suzuki-y@kajima.com
同上	主任研究員	宮田 章	miyata-akira@kajima.com
都市防災・風環境グループ	主任研究員	安達 直人	adachina@kajima.com
同上		桜庭 和子	sakuraba@kajima.com

(c) 業務の目的

大地震の液状化地盤・杭支持構造物の被害メカニズムを解明するため実大震動台実験が実施される予定である。三次元の実験結果の予測及びシミュレーション解析の技術レベルを向上させ、液状化地盤に対する有効応力解析技術を汎用的な耐震評価技術のツールにすることは重要な課題である。

本業務は、実大振動台実験の基礎的研究として実施される中型振動台実験のシミュレーション解析を行い、実験結果との比較を通して三次元有効応力解析技術の妥当性・適用範囲等の知見を得ること、及びシミュレーション解析コードの改良・高度化を行うことを目的としている。

(d) 3カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：

実験の地盤特性の評価と関連研究の調査

線形解析による実験モデルの地盤・杭支持構造物の相互作用効果解析

2方向・3方向入力による地盤の簡易モデル有効応力解析による時刻歴応答解析

2方向・3方向入力によるせん断土槽の液状化地盤モデルの有効応力解析による時刻歴応答解析

報告書作成

2) 平成15年度：

既往解析結果の確認とコンピュータ機器の整備

実験データ処理と図化

中レベルの入力のパラメータスタディによる考察

X方向入力,XY方向入力における液状化地盤・杭・短周期構造物のシミュレーション解析

XY方向入力における液状化地盤・杭・やや長周期構造物のシミュレーション解析

XY方向入力の杭応力と入力の強軸変換波形による杭応力の関係  
シミュレーションレベル向上のための地盤モデルの修正  
2003年建築学会大会，2004年地盤工学研究発表会の論文投稿

3) 平成16年度：

2003年度実施の振動台実験の3次元のシミュレーション解析  
シミュレーションの解析的検討に基づくモデル化手法の検討  
2004年度実験モデルの解析  
実験結果のシミュレーション解析技術の向上  
実大3元震動台実験の解析的方針  
多入力における杭応力評価技術の知見  
成果の発表

(e) 平成15年度業務目的

解析に関連する実験データの処理  
中レベルの入力のパラメータスタディによる杭応力の特性把握  
液状化地盤・杭・短周期構造物の1入力、2入力における実験結果のシミュレーション解析  
液状化地盤・杭・やや長周期構造物の解析的検討  
シミュレーションレベル向上のための地盤モデルの修正  
成果の発表

(2) 平成15年度の成果

(a) 業務の要約

平成15年度は解析の基盤整備として1),2)を実施し、3),4),5)について3次元有効応力解析を行った。水平2入力(十勝沖地震のNS,EWの八戸観測波)と1入力(NS)の解析結果の比較を行い、2入力の杭応力の特性を把握した。解析で抽出した2入力における杭応力の特性は実験結果の特性と対応した。得られた知見を6)にまとめた。

- 1) 既往解析結果の確認とコンピュータ機器の整備
- 2) 解析に関連する実験データの処理
- 3) 液状化地盤・杭・短周期構造物モデルの中レベル入力におけるパラメータスタディ  
液状化地盤・杭・短周期構造物モデルに対する実験の振動台入力波による解析
- 4) 液状化地盤・杭・やや長周期構造物モデルの実験の振動台入力波による解析
- 5) シミュレーションレベル向上のための地盤モデルの修正
- 6) NS,EWでは過剰間隙水圧の上昇の開始時刻が異なり、2入力と1入力の水圧上昇過程には優位な差がある。水圧上昇過程の初期では両者の杭応力(NS方向)の時刻歴波形はほぼ一致するが、水圧上昇が進むに従い時刻歴波形には相違が生じる。そして2入力のNS方向の時刻歴波形にはEW方向の影響が顕著になる。入力振幅の大きい時刻において、1入力の杭応力と2入力の杭応力に相関関係が存在しない区間が

ある。そこでは 2 入力の場合、直交方向の杭応力に相関関係が生じるようになり、2 入力の杭応力の振幅が 1 入力より必ずしも大きくなる訳ではない。このような区間では、NS,EW 入力のベクトル和を適用して耐震性を評価する事は有効でないであろう。以上の 2 入力の杭の重要な特性は解析と実験結果に存在し、解析と実験結果は対応する。解析の地盤モデルは実験の水圧上昇カーブを再現できていないので、地盤モデルを修正し、再現性を向上させた。

14 年度の考察内容を 2003 年建築学会大会で発表し、15 年度の考察内容を 2004 年地盤工学研究発表会の論文に投稿した。

#### (b) 業務の実施方法

本業務を、以下のように進めた。

##### 1) 既往解析結果の確認

- a) 有効応力解析の非線形解法の解法・収束判定条件等を検討し、適用法に拘わらず既往結果とほぼ同じになる事を確認した。
- b) 解析モデルのメッシュ分割を増やした。

##### 2) 解析に関連する実験データの処理

- a) 短周期構造物について解析と比較するためのデータ処理を行なった。

##### 3) 液状化地盤・杭・短周期構造物についての解析的検討

150Gal 入力（十勝沖地震の八戸の観測波）と 250Gal 入力の場合について以下のような解析を行い、水平 2 入力時の杭応力の特性を検討した。

- a) 150Gal 入力について X (NS) 方向の 1 入力と X・Y(NS・EW)方向の 2 入力の場合について 3 次元有効応力解析を行い、両者の杭応力の比較より過剰間隙水圧の上昇過程では顕著な差が生じる事を把握した。2 入力の X 方向と Y 方向では水圧上昇の開始時刻が異なるので、上昇時刻の相違による影響の大きい事を示した。
- b) 実験の振動台の 250Gal 入力について a)と同様の検討を行い、解析結果と実験結果を比較した。a)で得られた杭応力の特性が実験結果と解析に存在する事が認められた。

##### 4) 液状化地盤・杭・やや長周期構造物の XY 方向入力の場合について 100Gal 入力の解析を行い、解析モデルの地盤・杭・構造物連成系のピーク振動数は実験モデルと対応する事を示した。しかしシミュレーション解析をするためには地盤モデルの検討が必要と考えられた。

##### 5) 解析結果の過剰間隙水圧の上昇カーブは実験より鈍いカーブなので、再現性の向上させるために地盤モデルを修正した。

##### 6) 2002 年度の地盤の解析結果を 2003 年度建築学会大会で発表し、3)について第 39 回地盤工学会と 2004 年度の建築学会大会梗概集の論文にまとめた。

(c) 業務の成果

1) 解析の基礎的事項の検討

次の基礎的事項について検討した。

- a) 誤差の設定値 (1/1000 ~ 5/1000) ・ イテレーション手法 (Jacobian の求め方が異なる手法) と CPU の関係を数値実験で検討した。CPU を数倍程度にする方法では効果は期待できない。数百倍にすれば解の収束が良くなるが、リターンが遅く問題が大きい。
- b) 解析モデルのメッシュ分割を細かく変更し、14年度は4500要素数のモデルとしたが15年度は7900要素数に変更した。深度方向は両方共13分割としたので、杭応力は類似した値となった。

2) 解析との比較のための実験データ処理

解析との比較のため、次の実験データ処理を行った。

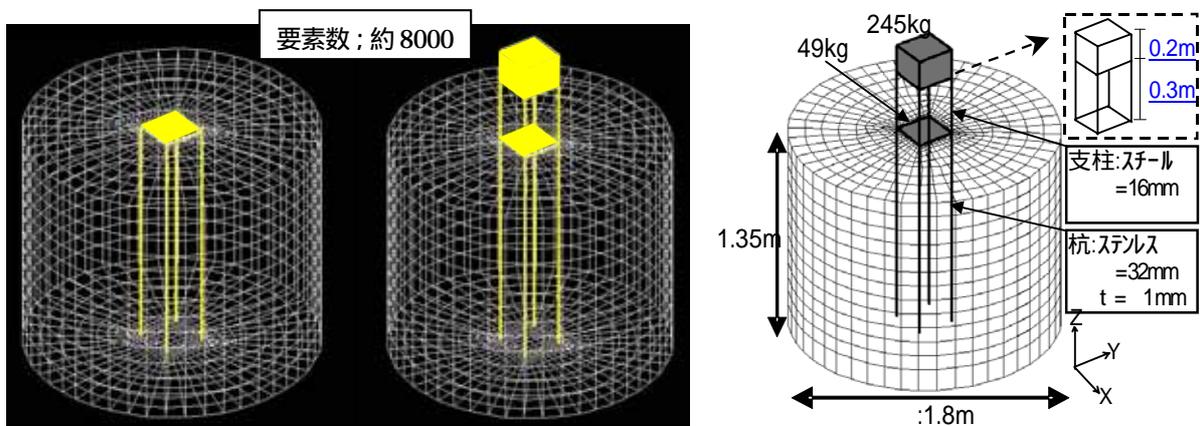
- a) 実験データの残留変形の影響と考えられる部分を削除
- b) 解析との比較に用いるための杭応力波形への変換

3) 液状化地盤・杭・短周期構造物の解析的検討

液状化地盤・杭・短周期構造物の2つの入力レベル (150Gal と 250Gal 入力) の解析的検討より、以下の結果が得られた。

a) 150Gal 入力 (水平1入力と水平2入力) における解析的検討

- i) 図1には短周期とやや長周期モデルの地盤・杭・構造物の解析モデルを示した。解析コード DYNFLOW<sup>1),2)</sup>を用い、3次元 FEM の有効応力解析を行った。地盤は豊浦標準砂であり、物性値の評価と地盤の時刻歴は昨年度<sup>3),4)</sup>に示したので、主に杭応力について検討する。地盤の相対密度 80% の場合を解析する。モデルは 1/5 の縮小モデルであり、時間軸を 1/5 とした。短周期の構造物モデルの固有振動数は約 100Hz であり、高い振動数なので基礎と構造物は剛基礎モデルとした。せん断土槽は :1.8m, h:1.35m である。杭は 4 本モデルであり、SUS304 を用いた。杭は



短周期モデル(1dir, 2dir)

やや長周期モデル(2dir)

やや長周期モデルの場合

図1 解析モデル

:3.2cm,t:0.1cm, L:1.35m である。基礎と構造物模型の質量は 110kg である。杭下端はピン条件とする。NS,EW 方向を解析では X,Y 方向と記述する。2 方向入力の影響を把握するために X,Y の 2 入力 (A と記述) と X の 1 入力 (B と記述) の場合を解析し比較する。A,B の比較は X 方向の応答で比較し、A については X,Y 方向の応答を比較する。

- ii) 図 2 に X, Y (NS,EW) の入力波形を示したが、振幅の大きい所の継続時間は Y の方が長い。図 3 に入力波:X,Y のフーリエスペクトルを示したが、5Hz 以下と 10Hz 近くで X,Y の振動数成分が異なる。

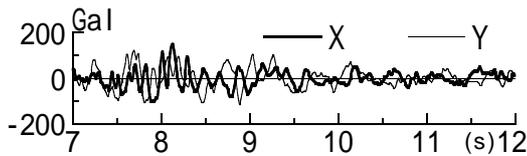


図 2 入力波形

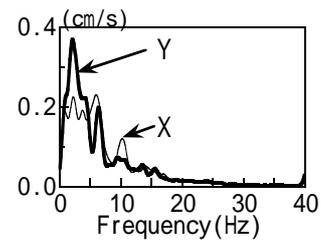


図 3 入力波のフーリエスペクトル

- iii) 過剰間隙水圧比 (G.L. -0.2m) を図 4 に示す。A と B の過剰間隙水圧の上昇傾向は 8.5sec までは似ているが、以降では A は 9sec まで上昇過程にあり、A の振幅は B よりかなり大きい。上昇過程の 8-9sec のピーク時刻における過剰間隙水圧比分布、加速度分布、相対変位 (杭 底面) 分布を深度方向について図 5 に示す。A の水圧比の振幅は B より大きい、振幅の最大値は約 0.6 であり、液状化程度は強くはない。深度分布では A,B の加速度が似ているが、X,Y では異なる事を示した。相対変位のピークの振幅は一部を除き A が大きい。深度分布にその例を示した。X,Y の波形は異なるが、約 8sec 以降大きなピークは対応する。そのピーク時刻は 7.8sec, 8.4sec, 8.9sec

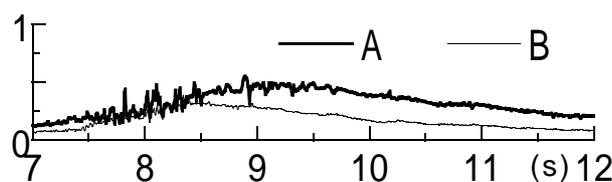


図 4 過剰間隙水圧波形

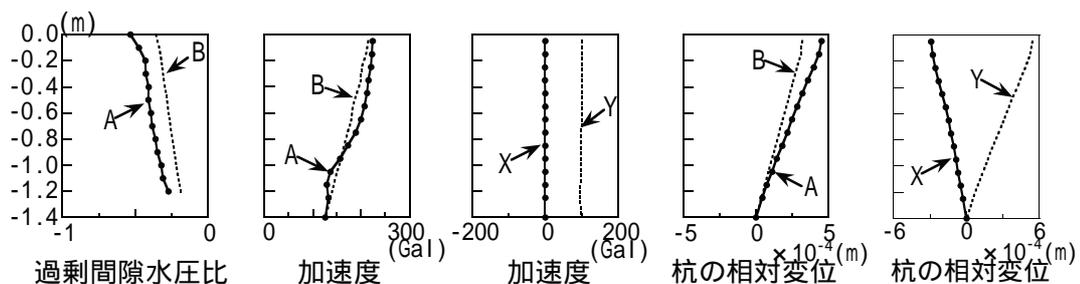


図 5 深度方向分布

( 図中に明記 ) であり、符号は逆である。Y の入力 が X より大きくなる 8sec 以降では直交する Y 方向の影響が X に生じたと考えられ、深度分布にその例を示した。

- iv) 加速度、入力波と基礎の加速度オービットを 図 6 に示したが、上昇後の基礎の形状は入力とは異なり、非線形性の影響が生じている。両者の形状には類似性も存在しているので、150Gal 入力では顕著な非線形領域には至っていない。地表の加速度、杭頭の底面に対する相対変位、杭と地盤の相対変位の時刻歴を 図 7 に示し、杭頭近くのモーメント、せん断力、軸力の時刻歴を 図 8 に示した。

全体的な傾向は次のようである。2つの相対変位波形とモーメント波形は似ており、杭応力は地盤変位の影響を受けている。入力振幅が大きく水圧比も大きい区間(7.5-9sec)のピーク(図中に点線で示す)では相違が A,B に生じるが、X, Y のピークは対応する。直交方向の影響のために A,B の差が大きくなるのであり、2方向入力の杭応力の特性が現れている。杭の軸力は常時荷重(杭1本当たり約250N)と変動荷重の和であるが、構造物を剛基礎でモデル化したので転倒モーメントの影響が無視されている。そのため変動荷重の振幅は小さい。

- v) 図 9 に深度方向について杭の曲げモーメント分布、杭-地盤の相対変位分布、地盤の反力分布を示した。上昇前(AとB)、上昇過程(AとB)、上昇後(AとB, XとY)の3つのピーク時刻について示した。( ) は比較の組み合わせである。AとBは上昇前と上昇過程では非常に類似しているが、上昇後にはAとBの差が生じる。一方上昇後にはXとYは異符号であるが分布傾向は似ている。上昇後にXの応答がYの影響を受けるために生じた現象と考えられる。

上昇前後の地盤反力-相対変位(杭-地盤)のオービットを 図 10 (説明の関係上、ここではA,Bに( )付で記述する)に示した。B(X)とA(X), (Y)の相対変位の場合を示した。上昇前の地盤はほぼ線形なので、A(X)とB(X)は似ている。A(Y)はA(X)とは違うが、平均的な勾配は近い値である。上昇後のA(X), (Y)のオービットはB(X)に比較して大きいループを描く。上昇前に対する上昇後の勾配の比は約0.2-0.15であり、地盤の剛性低下を示している。

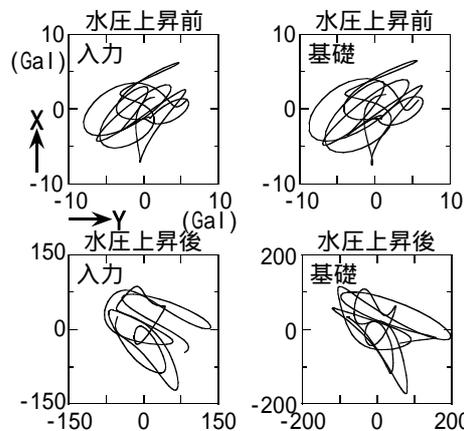
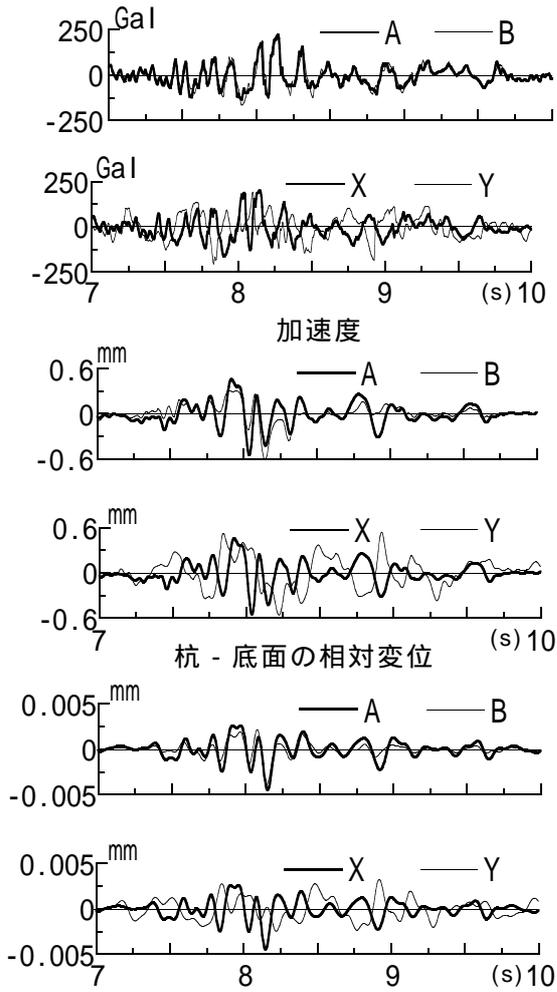


図 6 加速度の X - Y のオービット



杭 - 地盤の相対変位  
図 7 時刻歴波形

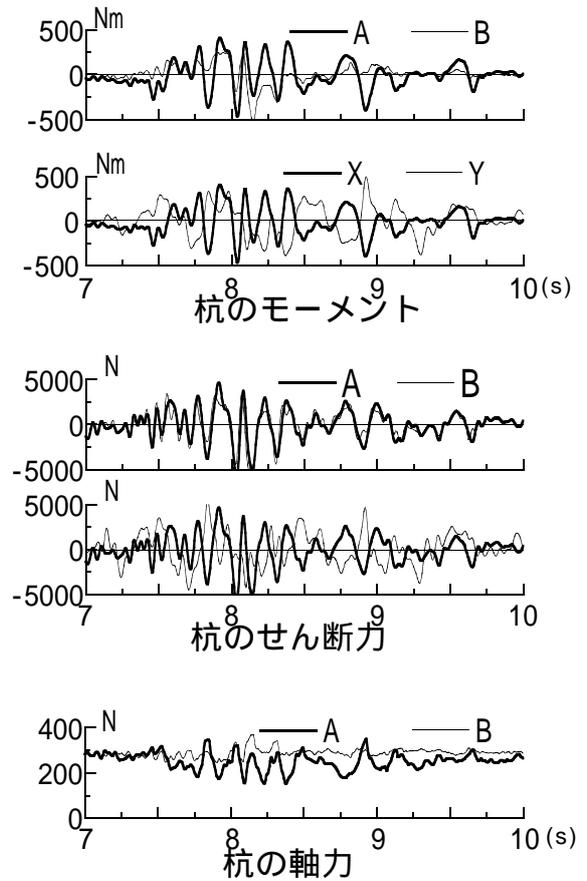


図 8 時刻歴波形

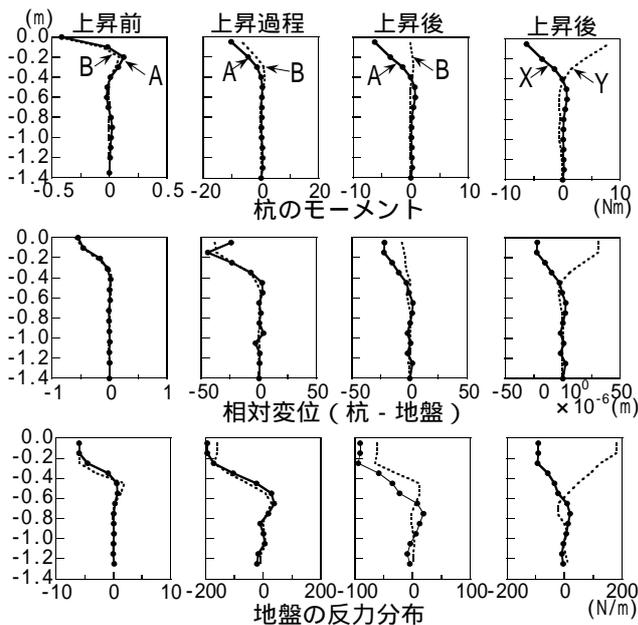


図 9 深度方向分布

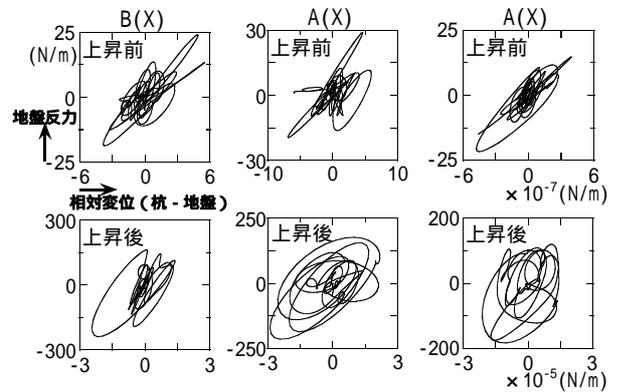


図 10 地盤反力 - 相対変位 (杭 - 地盤) のオービット

b) 250Gal 入力（水平 1 入力と水平 2 入力）における解析と実験の比較・検討

i) 杭の特性に着目して検討する。過剰間隙水圧比 (G.L. -0.6m) と杭頭近くのモーメント (A,B) の時刻歴波形を図 11,12 に示し、2つの時刻（上昇過程と上昇後のピーク時刻）の水圧比分布を図 13 に示した。図 11 の水圧上昇傾向は解析と実験では差が大きいですが、上昇後の水圧比分布は似ている。解析の物性は予備検討時<sup>2)</sup>の設定値であるため、水圧比時刻歴には差がある。地盤モデルを修正して（次項に記述）今後シミュレーション解析を行う予定であるので、差についてはここでは触れない。モーメントの約 8.1sec のピークでは、解析・実験共に A の振幅が B より小さくなる。上昇過程（実験では上昇終了近傍）上昇後の 8.1sec、10.6sec ピークを選び、モーメント分布を図 14 に示した。上昇過程では A,B の分布傾向は似ている。上昇後には A,B の分布傾向には差が生じるが X,Y は同じである。このような A,B と X,Y の性質は 150Gal 入力の図 9 に対応する。

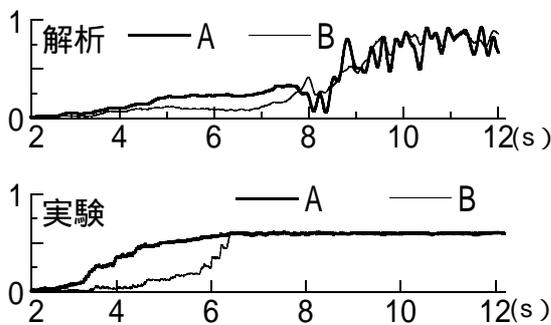


図 11 過剰間隙水圧比時刻歴

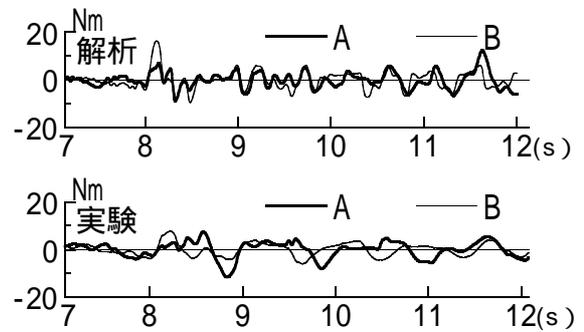


図 12 杭のモーメント時刻歴

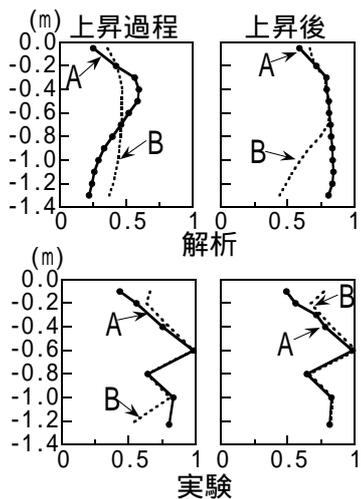


図 13 過剰間隙水圧比深度分布

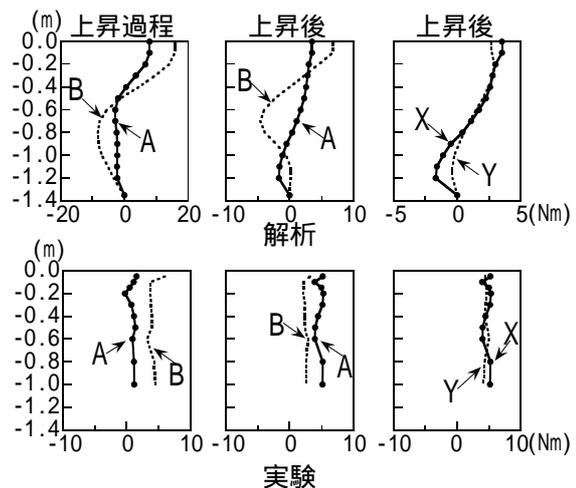


図 14 杭のモーメント深度分布

ii) A,B と X,Y の相関関係について 150Gal と 250Gal の場合を検討する。150Gal の上昇前と上昇後における杭-地盤の相対変位の A,B と X,Y のオービットを図 15 に示した。上昇前の A,B の相関は強いが、上昇後には弱い。上昇前の X,Y の相関は無いが、上昇後に相関が存在す

る。A,Bの相関関係が明らかであれば、ベクトル和による杭応力評価が可能であるが、相関関係が明らかでない時には図6の強軸方向に波形を変換して、強軸の1方向入力の適用性を検討する事は有益である。250Gal 入力の上昇後に対応するオービットを図16に示した。A,Bには相関関係はないが、X,Yには弱いながら相関関係は存在する。この性質は解析・実験ともに見られ、図15の考察結果に対応する。以上より250Gal 入力についても150Gal 入力の2入力時の杭応力の特性が認められるので、杭応力評価としてベクトル和の適用は不適切であろう。

iii) 図17にXZのせん断ひずみのコンターを2入力、1入力について示した。2入力のコンターは複雑であり、1入力は単純である。

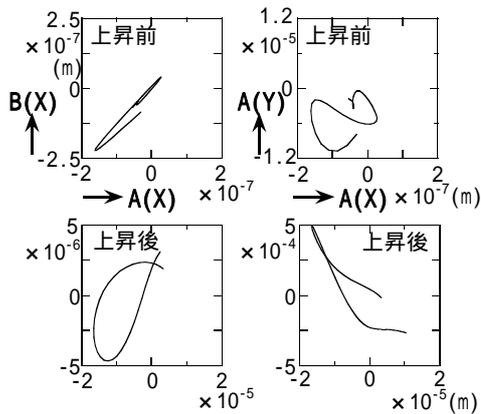


図15 相対変位(杭-地盤)のオービット (150Gal 入力)

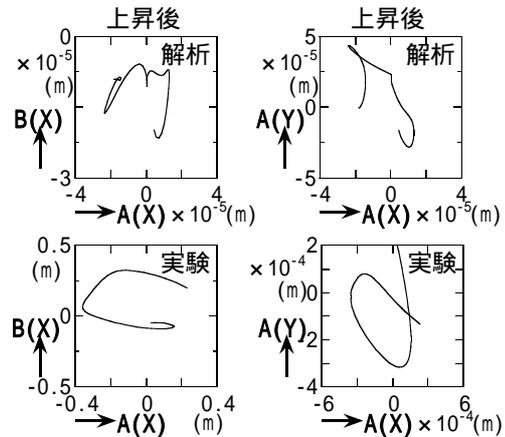
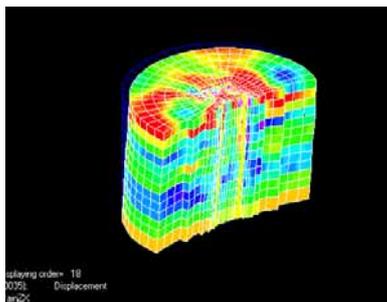
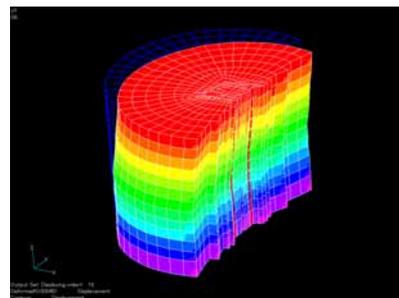


図16 相対変位(杭-地盤)のオービット (250Gal 入力)



(2方向入力)



(1方向入力)

図17 せん断ひずみのコンター

#### 4) 液状化地盤・杭・やや長周期構造物の解析的検討

液状化地盤・杭・やや長周期構造物の 100Gal 入力 (XY 方向入力) の解析結果を求めた。解析の地盤・杭・構造物連成系モデルの条件設定の妥当性を実験結果で確認できたが、杭応力では実験と解析の差が大きく生じた。以下に説明する。

実験の入力に対する上部構造物の伝達関数の実験結果と解析結果を図 18,19 に示した。解析のピーク振動数は実験の X 方向に良い対応を示すので、地盤・杭・構造物系のモデル化はほぼできていると考えられる。図 18,19 のピーク振動数は液状化地盤・杭・構造物連成系のピークであり、上部構造物の固有振動数ではない事を付記しておく。実験の Y のピークは X と異なり、振幅も小さく、構造物あるいは連成系の共振振動数の影響が見られない。従って実験は解析より複雑な応答を示しているようである。

実験と解析の杭頭近傍における杭のモーメント時刻歴を図 20 に示した。最大振幅を示す 8sec 近くでは、実験と解析の Y の振幅は X より大きくなっており類似性はあるが、振幅と波形の形が異なる。解析モデルの再現性を向上させる必要がある。

#### 実験

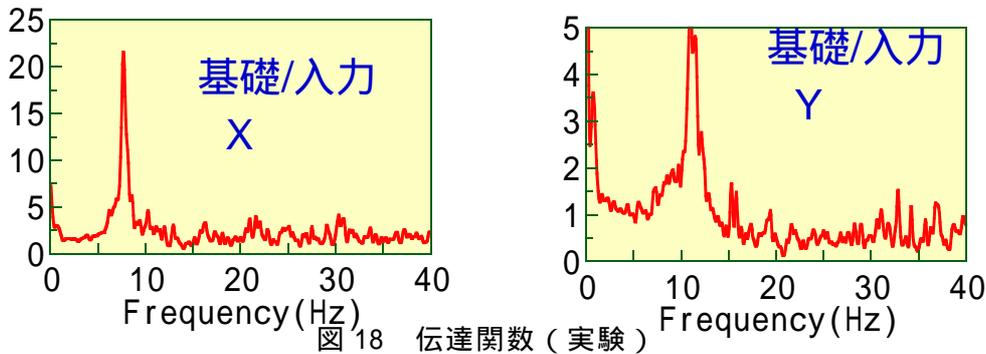


図 18 伝達関数 (実験)

#### 解析

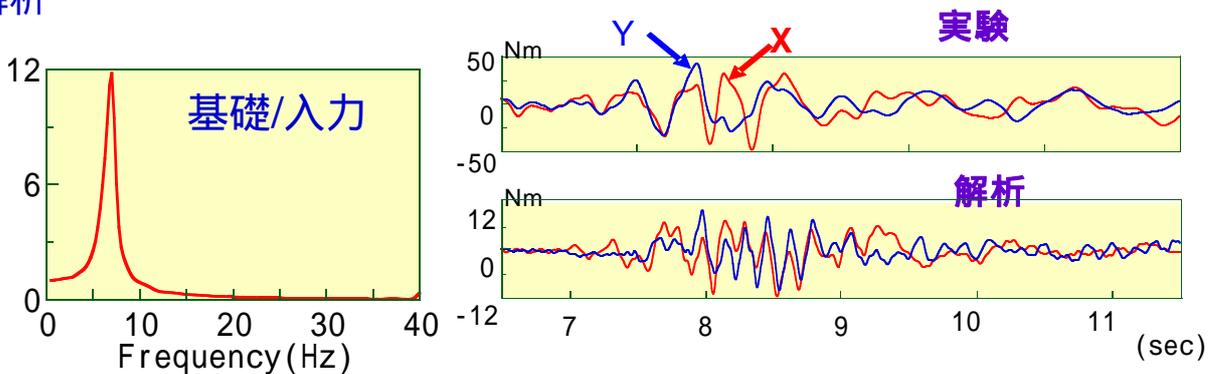


図 19 伝達関数 (解析)

図 20 杭のモーメント時刻歴

また、図 21 には入力振幅の大きい時刻の解析による変位応答コンターを示したが、構造物は周辺地盤に影響を与えている事が分かる。3つの図は節点の変位が XYZ の3成分表示の場合、X成分のみの表示とY成分のみの表示の場合である。

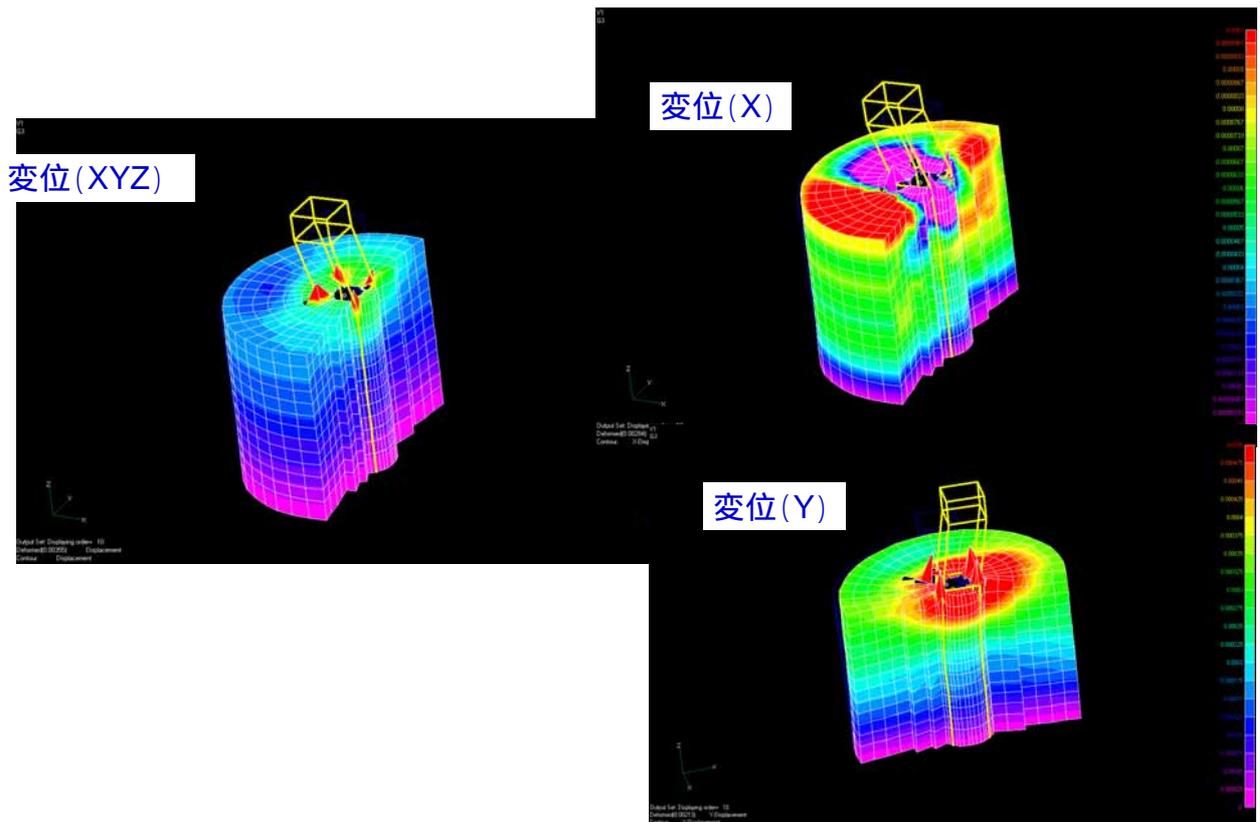


図 21 変位のコンタ -

#### 5) 実験結果のシミュレーションのための地盤モデルの修正

短周期構造物の図 11～16 の実験・解析は似た傾向であるが、実験の水圧上昇が遅く上昇カーブも緩い。また、やや長周期構造物の場合には大きな差があり、解析モデルの検討が必要であった。解析を実施した相対密度 80% の場合について地盤モデルを修正する事とした。以下のように変更した。

- i) 有効拘束圧が低下すると内部摩擦角が増加する傾向があるが、今回はこの傾向を考慮しないで、実験の過剰間隙水圧の上昇カーブを再現できるようにダイレイタンスの値を調整する。ダイレイタンス角を  $28^{\circ} \sim 36^{\circ}$  (文献<sup>5)</sup>を参考にする)にし、解析の豊浦標準砂の物性値を表 1 に示した。14 年度からの変更部分を表 1 には明示したが、本年度は相対密度 80% の場合を検討した。解析コードのダイラタンシーパラメータ  $X_{pp}$  (文献<sup>1)</sup>を参考にする)は上昇カーブを参考にフィティングさせて探索した。
- ii) パラメータを修正して、液状化強度試験のシミュレーション解析を行った。その結果を表 2 にまとめ、応力比 0.25 の結果を図 22 に示した。DA5% 時の液状化回数は修正前とあまり変化していないが、水圧比 95% 時の液状化回数が少なくなった。
- iii) 修正した i) の地盤物性による 3 次元の土柱の地盤モデルを用いて時刻歴解析を行った。250Gal 入力での 1 入力、2 入力の過剰間隙水圧比波形を図 23 に示した。2 入力の水圧上昇カーブは 1 入力より急勾配になり、水圧波形は図 11 の実験結果をほぼ再現している。

表 1 解析の豊浦標準砂の物性

項目	相対密度Dr	
	50%	80%
土粒子密度 $s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.64	2.64
間隙水密度 $s(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.00	1.00
間隙率 $n$	0.442	0.405
透水係数 $k(\text{cm}/\text{s})$	$2.0 \times 10^{-2}$	$2.0 \times 10^{-2}$
土骨格せん断弾性係数 $G_0(\text{Mpa})$ *6)	29.04	37.09
土骨格ポアソン比	0.33	0.33
間隙水体的弾性係数 $B_w(\text{Mpa})$	$2.222 \times 10^3$	$2.222 \times 10^3$
粘着力 $c(\text{kPa})$	0	0
内部摩擦角 (度) *7)	36	40
ダイラタンシ - 角 $d(\text{度})$ *5)	24	28 36

15年度変更

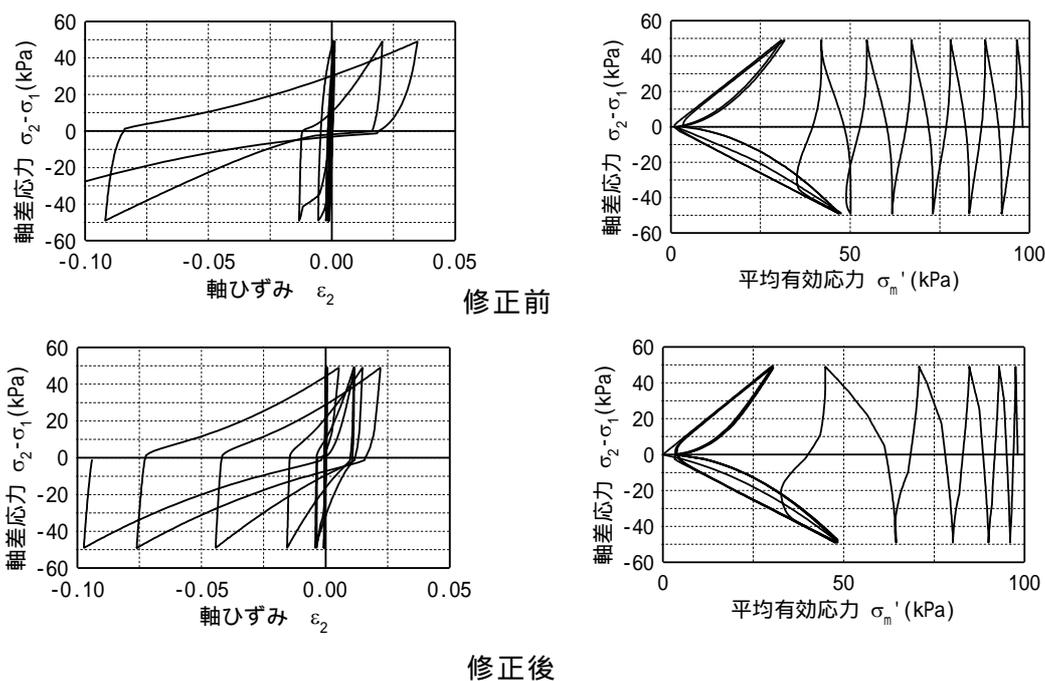


図 22 繰返し非排水三軸試験シミュレーションの応力比 0.25 の結果 (相対密度 80%)

表 2 液状化回数

軸差 応力比	修正前		修正後	
	DA5%時	水圧比 95%時	DA5%時	水圧比 95%時
0.25	6.5	6.0	7.7	5.0
0.20	9.7	9.5	11.6	8.0
0.15	17.6	17.0	15.6	12.0

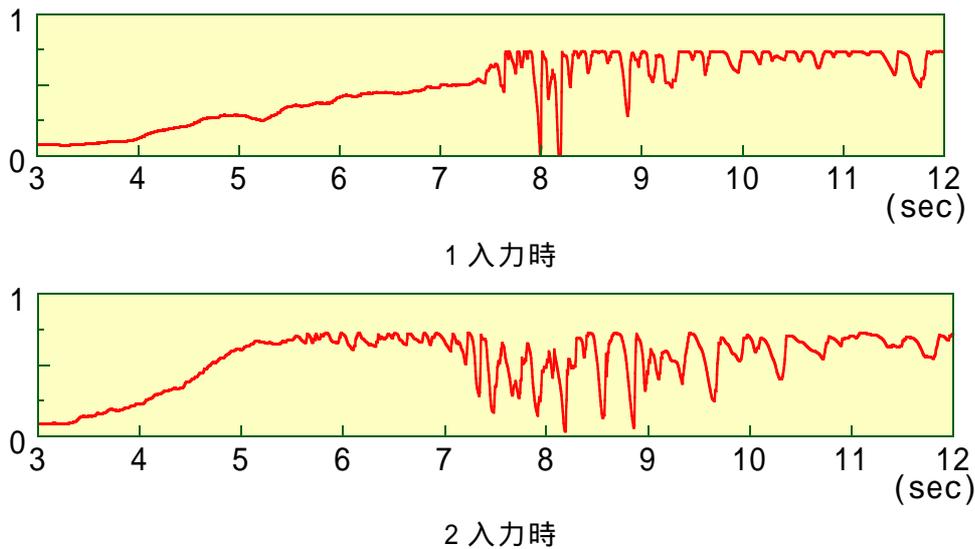


図 23 過剰間隙水圧比(G.L.-0.2m)の時刻歴

## 6) 成果の発表

地盤・杭・短周期構造物に対する 150Gal 入力のパラメータスタディを第 39 回地盤工学研究会の論文にまとめた。150Gal、250Gal、実験結果の検討を 2004 年度建築学会大会梗概集の論文にまとめた。

### (d) 結論ならびに今後の課題

#### 1) 結論

- a) 液状化地盤・杭・短周期構造物の 3 次元解析を行い、水平 2 入力 (X, Y 方向) と 1 入力 (X 方向) の杭応力の結果を比較し次の知見を得た。
  - i) 過剰間隙水圧が上昇し、入力振幅が大きいピーク時刻では 2 入力(A)の場合には 1 方向入力(B)との差が生じるようになるが、X と Y のピークが対応する。差は直交方向の影響によると考えられる、2 入力の性質である。時刻歴波形とピーク時刻での杭のモーメント分布において、このような性質を把握した。強非線形地盤の地震時の杭応力を評価する上で、ベクトル和と強軸変換による 1 入力の方法の有効性は重要な課題の一つであるが、このような条件においてはベクトル和の有効性は殆どないと考えられる。
  - ii) X と Y の杭応力に関する の性質は 150Gal、250Gal、実験結果においても存在する事を示した。
  - iii) 250Gal の解析結果は実験結果と連成系ピーク振動数では対応するが、水圧上昇カーブが異なるために、シミュレーションレベルに到達していない。従って地盤モデルの修正が必要と考えられた。
- b) 液状化地盤・杭・やや長周期構造物の 2 入力解析より、解析の連成系モデルは実験モデルと対応する。しかしモーメント時刻歴の波形の差が大きいので、解析モデルと実験結果の検討が必要である。
- c) 地盤モデルのダイラタンシーパラメータを修正し、実験の水圧上昇カーブを再現できるようにした。2 入力と 1 入力の水圧上昇カーブの相違を再現できた。

2) 今後の課題

- a) 修正地盤モデルで短周期構造物のシミュレーション解析を行う。杭の軸力変動分を再現するために剛基礎モデルから質点モデルに変更する。
- b) やや長周期モデルについては実験結果における構造物の杭に対する影響を検討し、実験の特性を検討する。その特性を再現できるようにモデル化して、シミュレーション解析を行う。
- c) 2003 年度に実験をした 2 層地盤のモデル化とシミュレーション解析を液状化地盤は修正モデルとし下層の非液状化地盤をモデル化する。構造物は 2003 年度の解析モデルを適用する。
- d) 杭応力の評価法に有効な知見を実験・解析から得る。
- e) 非線形解析の効率化を図る解析法の検討
- f) 成果の論文作成

(e) 引用文献

- 1) 宮田,八幡,大保,Prevost : 有効応力解析に用いる Multi-yield 弾塑性モデルの高度化 , 第 35 回地盤工学研究発表会 , pp519-520,2001.6 ,
- 2) Prevost , J.H. : DYNAFLOW,A nonlinear transient finite element analysis program , Princeton.University , 1999
- 3) 文部科学省研究開発局,独立行政法人 防災科学技術研究所:大都市大震災軽減化特別プロジェクト 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 平成 14 年度 成果報告書,地盤基礎実験,3.3.2 強非線形地盤 - 杭基礎構造物の三次元数値解析に基づいた杭応力の特性, pp219-233,平成 15 年 5 月
- 4) 八幡、宮田、毛利、鬼丸:せん断土槽を用いた液状化実験の地盤モデルの 3 次元解析、日本建築学会大会, pp.411-412,2003.9
- 5) 安田:液状化の調査から対策工まで,鹿島出版会,p.131,昭和 63
- 6) 加藤,龍岡,プラダン:豊浦標準砂の繰返し非排水三軸試験に及ぼす長期圧密と過圧密の影響,砂質土および砂地盤の変形・破壊強度の評価 - 室内試験法及び試験結果の解釈と適用 - に関するシンポジウム発表論文集,土質工学会, pp.155-162,昭和 59.12
- 7) 建設省土木研究所:大型せん断試験装置を用いた標準砂とロック材料の動的変形特性試験,土木研究所資料,第 2132 号,昭和 59.6

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
八幡 夏恵子 宮田 章 毛利 栄征 桜庭 和子	振動台実験による液状化地盤・杭モデルの 3 次元解析	第 39 回地盤工学研究発表会	2004 年 7 月 (発表予定)
八幡 夏恵子 宮田 章 毛利 栄征 桜庭 和子	せん断土槽を用いた振動台実験の水平 2 入力時における杭応力の 3 次元有効応力解析	2004 年日本建築学会大会(札幌)	2004 年 8 月 (発表予定)

八幡 夏恵子 宮田 章 毛利 栄征 鬼丸 貞友	せん断土槽を用いた液状化実験の地盤モデルの3次元解析	2003年日本建築学会大会(名古屋)	2003年9月
----------------------------------	----------------------------	--------------------	---------

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

### (3) 平成16年度業務計画案

(a) 平成15年度に実施した液状化地盤・杭・構造物のシミュレーション解析を次のように行う。解析は3次元有効応力解析である。

1) 修正した地盤モデルを用いて、1入力、2入力のシミュレーション解析を行う。

2) 水平2方向の入力波の強軸変換を行い、強軸1方向入力の有効性を検討する。

(b) 平成15年度の2層地盤における液状化地盤・杭・構造物の実験のシミュレーション解析を次のように行う。

1) 上層の液状化地盤は(a)の地盤モデルを用いる。下層の非液状化地盤は実験の地盤条件を参考に設定し、地盤の実験のシミュレーション解析を行う。

2) 構造物は(a)のやや長周期構造物であり、(a)の1)に準じた方法で解析する。水平2方向の入力波の強軸変換を行い、強軸1方向入力の有効性を検討する。

(c) 平成16年度の実験モデルの解析的検討を行なう。

(d) 水平2入力における杭応力評価の知見を示す。

(e) 成果の論文発表を行なう。