

c) 地盤内の過剰間隙水圧応答

地盤内に深さ方向に設置した間隙水圧計の応答を図 1 2 に示す。過剰間隙水圧は地表面に近い部分ほど早く上昇し始め、深部に向かって液状化が進んでいることがわかる。また、振動が停止してからは、深部から上方へと過剰間隙水圧が消散していく挙動が確認できる。水平面内 2 方向(X Y)の振動の場合には、液状化の継続時間は 1 方向に比べて長く、また間隙水圧の消散にも時間を要している。特に深部の間隙水圧はなかなか消散しておらず、わずかながらも圧力を長い時間保持していることは実地盤においては大きな問題となることが考えられる。

このことは、地盤の振動中の体積変化の発生パターンに 2 方向振動の影響が強く現れた結果であると考えられる。図 1 3 には 3 次元入力振動によるデータも合わせて示している。鉛直振動を入力した場合(X Y Z 方向)には、動水圧の影響が顕著に表れており、大きな水圧が発生している。また、液状化の継続時間は XY 2 方向振動に比べて若干短くなり、間隙水圧の消散は早くなっている。HCNS32c1の深部の間隙水圧の上昇が低く、完全に液状化にいたっていないのは、この部分の地盤密度が比較的高く作成されたことに起因している。このことは図 8 に示すコーン貫入試験結果からも確認できる。

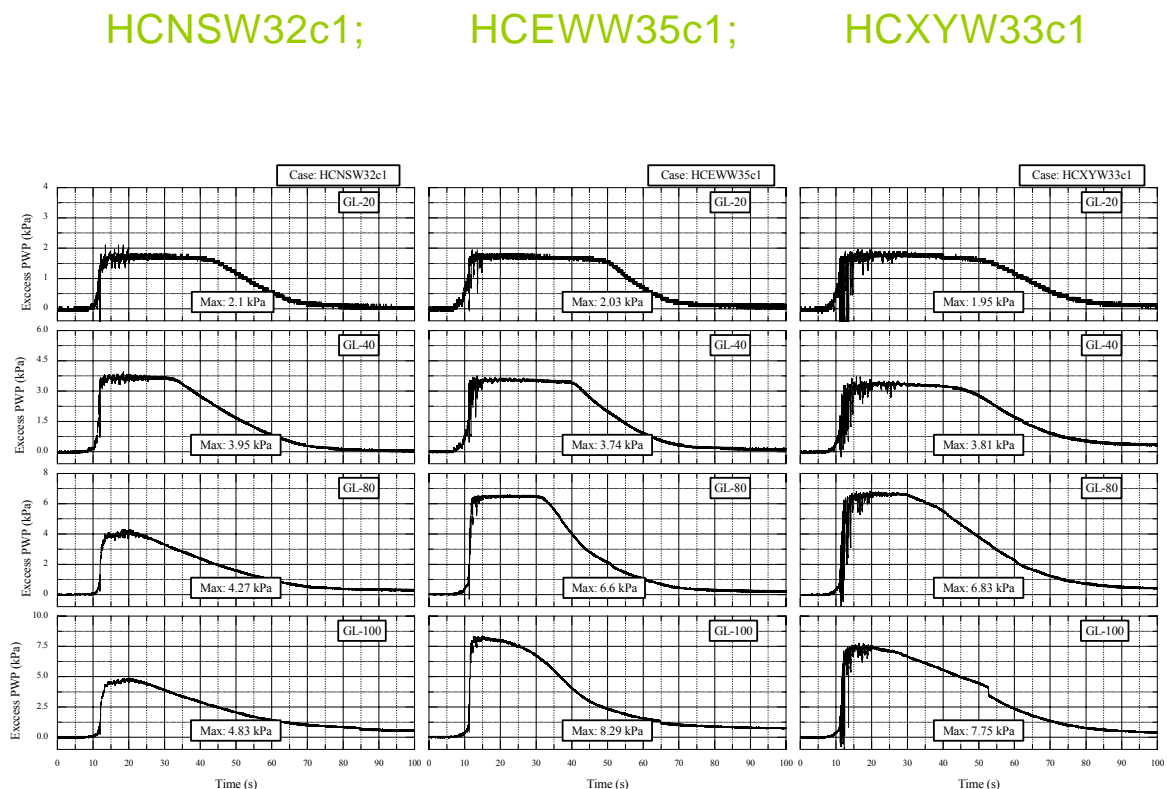


図 1 2 水平面内振動と過剰間隙水圧の応答

HCNSW32c1; HCXYW33c1 ; HC3DW34c1

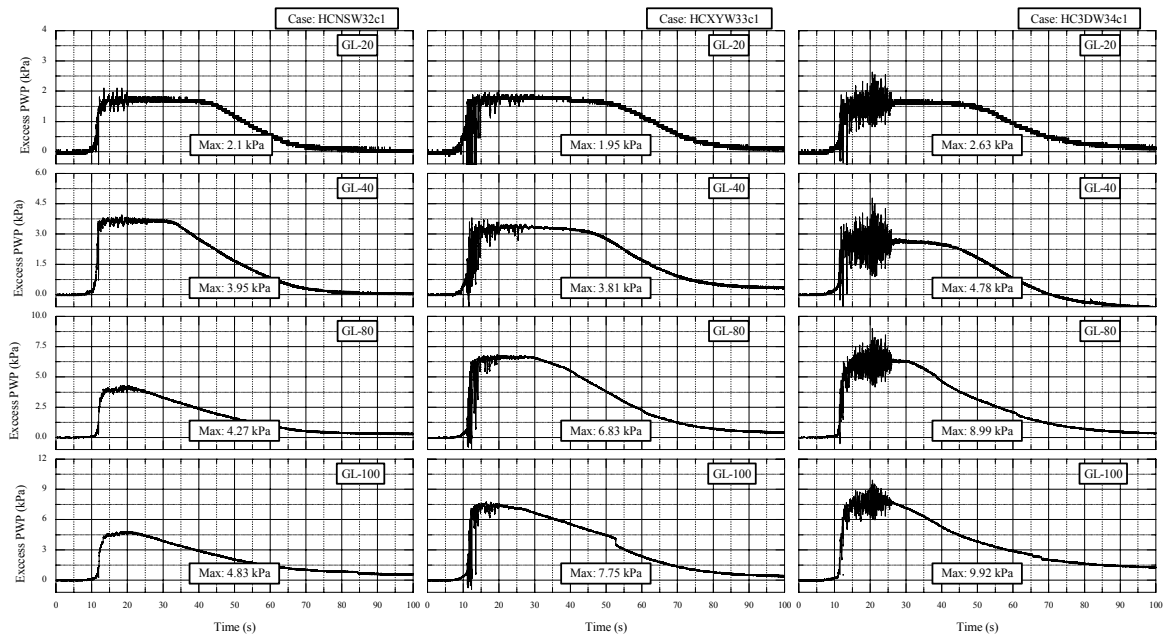


図 1 3 三次元振動と過剰間隙水圧の応答

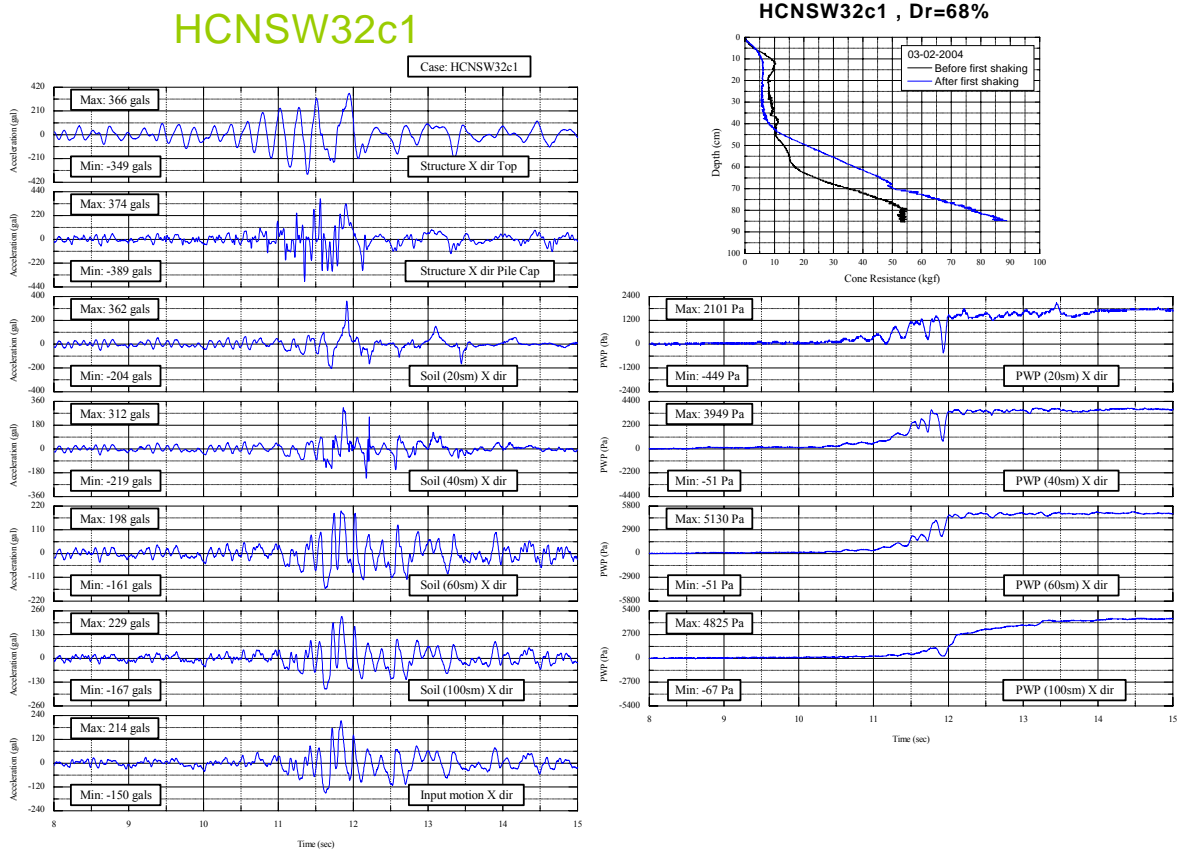


図 1 4 地盤及び構造物の加速度応答と間隙水圧の応答（1方向加振）

HCXYW31c1

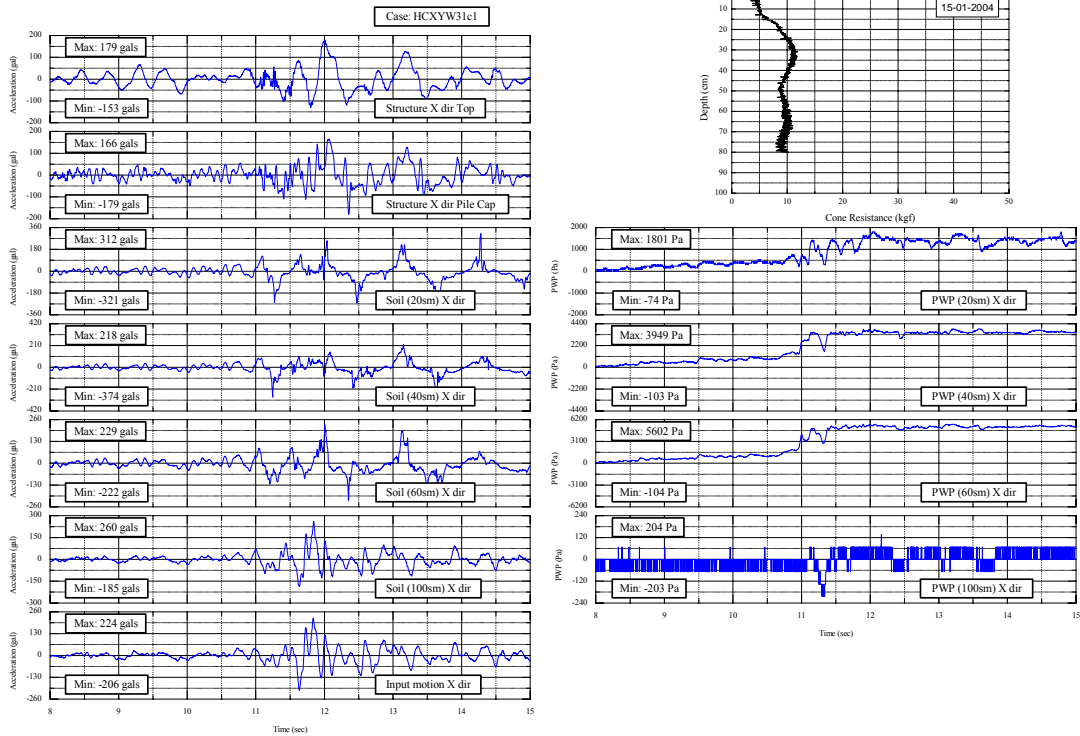


図 1 5 地盤及び構造物の加速度応答と間隙水圧の応答（2方向加振）

図 1 4 ~ 1 6 には地盤内の加速度応答と間隙水圧の応答を示す。入力振動に対して地盤のピーク応答は深部から少しずつ遅れを生じており、構造物の挙動も影響を受けている。間隙水圧は液状化に伴って水圧上昇しているが特に上昇過程で大きく変化している。これは杭の挙動、すなわち上部構造物の動きによって地盤と杭が特異な動きをしたことが原因と思われる。このようなピーク応答の遅れや間隙水圧の低下すなわち有効応力の一時的な回復は水平面内 2 方向振動や鉛直振動を含む 3 方向振動でも同様に認められ、特に、鉛直動を入力した場合には過剰間隙水圧は負圧側まで変化している。

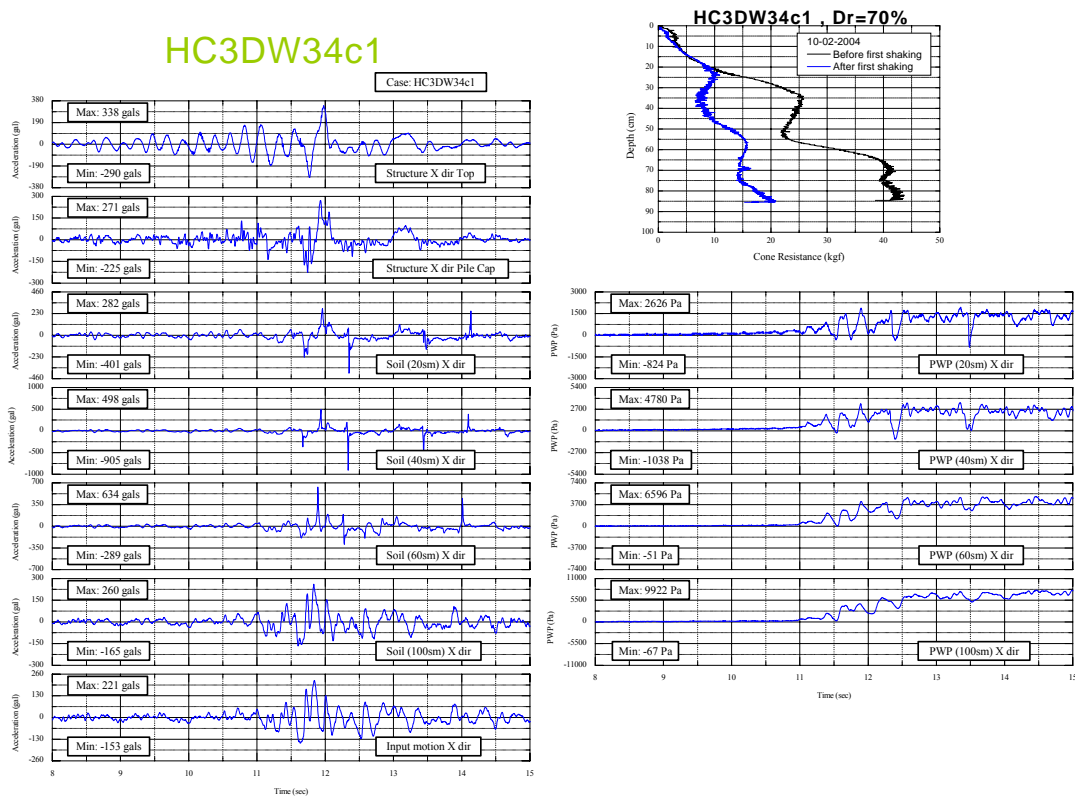


図 1 6 地盤及び構造物の加速度応答と間隙水圧の応答（3方向加振）

d) 地盤のせん断ひずみと応力の関係

図 1 7 ~ 1 9 にせん断土槽のプレートの変位応答から求めた地盤ひずみとせん断応力の関係を示す。振動入力開始直後の 50gal 以下の微振動レベルでは地盤の深部は線形的な挙動を示し、高いせん断剛性を有している。また、地表面に近いほど応力 ひずみ関係はループを描き、同時に剛性も低下している。剛性の低下割合は 1 方向振動よりも水平面内 2 方向振動の方が大きく、鉛直振動が入力される 3 方向振動の場合には最も剛性が低下しやすいことが分かる。液状化前後の応力 ひずみ関係は、ひずみが大きく発生する横に長いループを描くが、このひずみの発生も 3 方向振動入力の場合が最も大きい。また、地盤の深部では一時的に応力が回復するサイクリックモビリティ現象も見られる。すなわち、液状化による有効応力の低下と鉛直振動の入力による鉛直加重の増減に伴う密度増加現象が平行して進行していることが伺える。このことは、図 2 0 に示す有効鉛直応力とせん断応力の関係、すなわち地盤の応力経路からも顕著に見ることができる。水平 1 方向振動では鉛直有効応力の比較的単調な低下に伴ってせん断応力も消失しているが、鉛直振動を入力している 3 方向振動では、鉛直有効応力も振動中に大きく変化し、せん断応力も回復していることが特徴的である。

HCNSW32c1; HCXYW33c1 ; HC3DW34c1 (0-5sec)

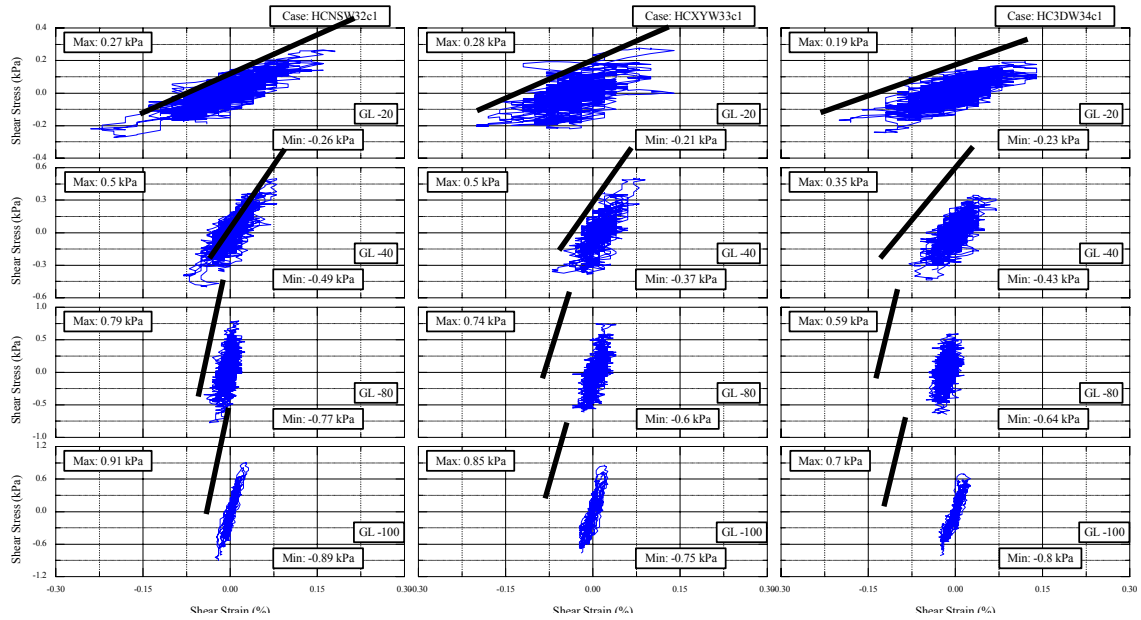


図 17 地盤のせん断応力 - 歪関係 (液状化前)

HCNSW32c1; HCXYW33c1 ; HC3DW34c1 (5-15sec)

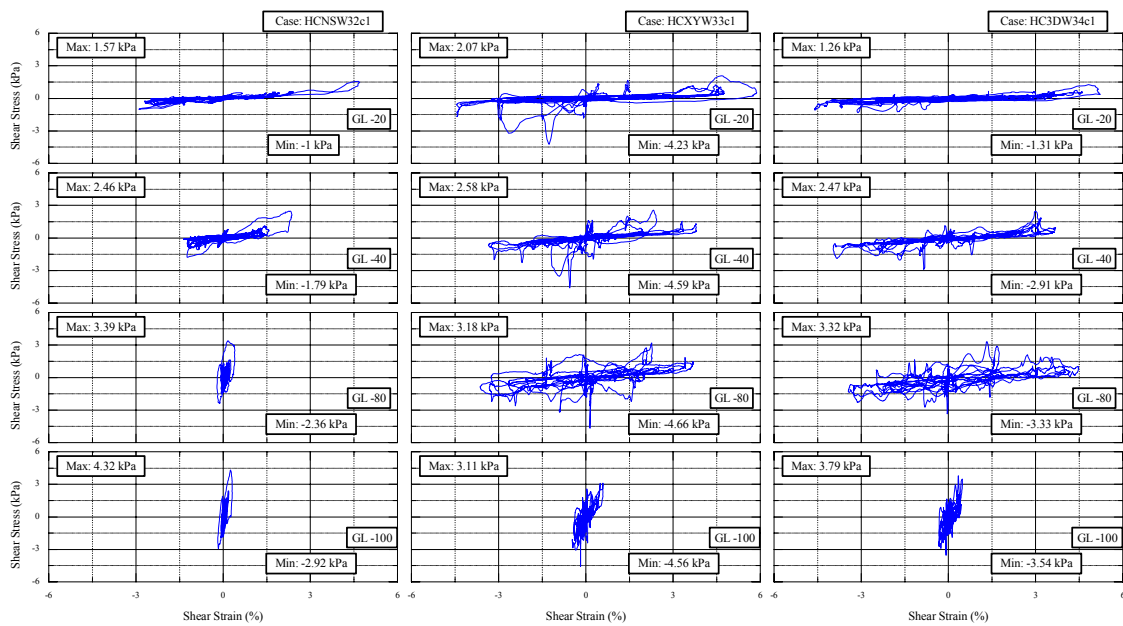


図 18 地盤のせん断応力 - 歪関係 (液状化前後)

HCNSW32c1; HCEWW35c1; HCXYW33c1 (5-15sec)

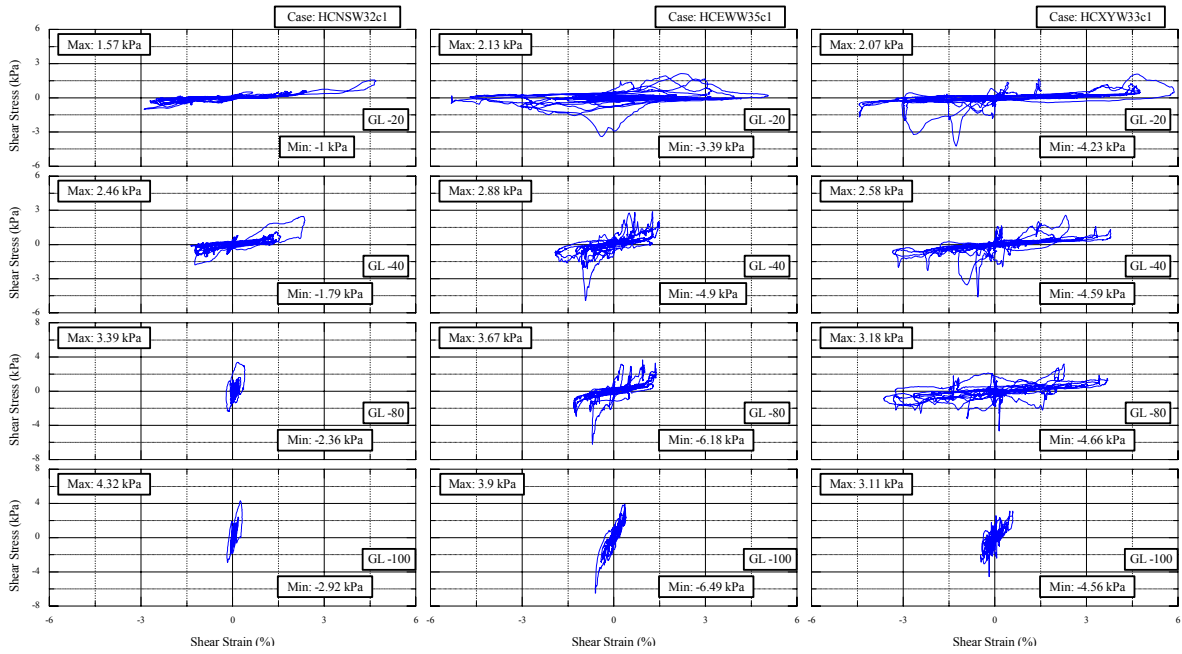


図 19 地盤のせん断応力 - 歪関係 (2方向加振の比較)

HCNSW32c1; HCXYW33c1; HC3DW34c1

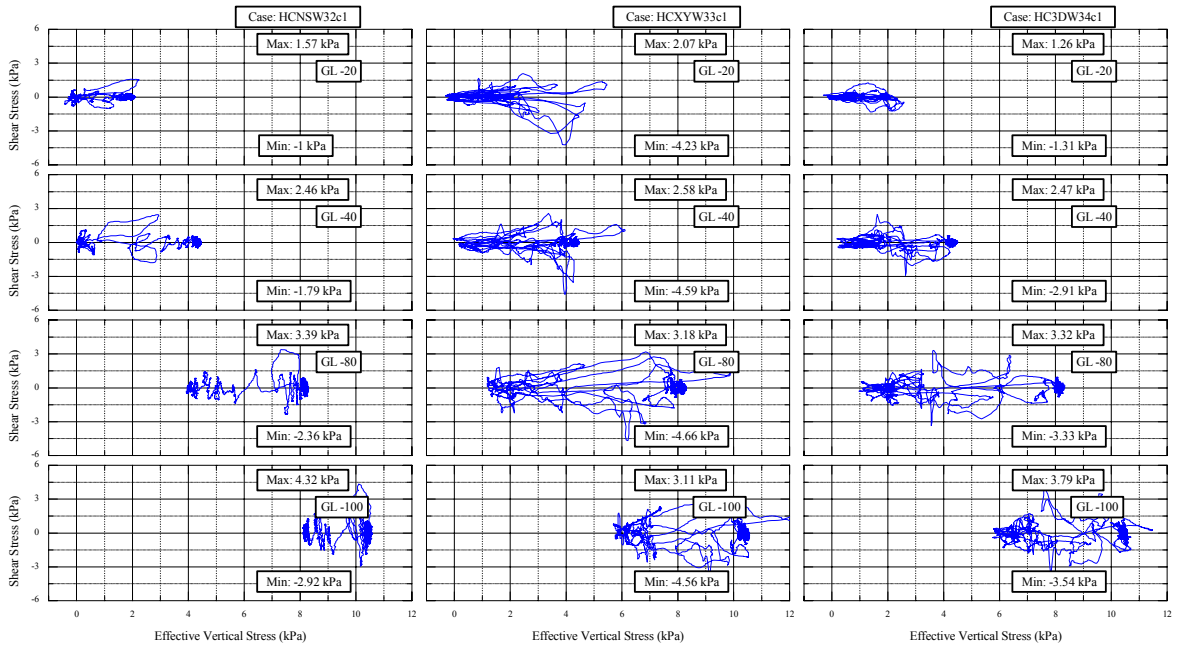


図 20 入力振動の多方向性と応力経路

e) 杭のモーメント

杭に発生している X (NS) 方向成分の曲げモーメントの分布を図 2 1 に示す。杭端部を剛性の高い地盤で支持されている飽和地盤での杭の曲げモーメントの分布は 2 次のモードが卓越しており、分布形状から杭端部から 35cm 付近の位置に地盤の剛性差があることがわかる。また、曲げモーメントの最大値は、1 方向振動よりも 2 方向振動 (XY 方向) の方が大きく、さらに、鉛直振動を加えた 3 方向振動の方が大きくなっている。しかし、この増加割合は 1 方向成分のみを取り出したものであるため。実際に杭に発生している最大応力を十分反映したものとなっていないので多方向入力振動によって生じる最大加速度と杭の最大ひずみの関係については今後の問題としたい。

HCNSW32c1; HCXYW33c1 ; HC3DW34c1

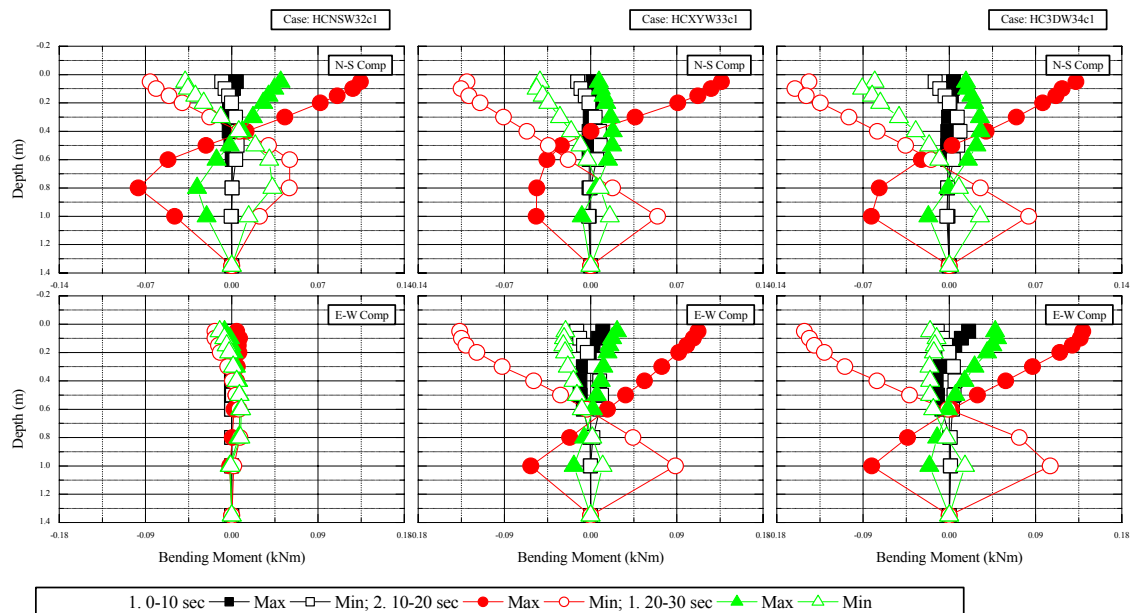


図 2 1 杭の曲げモーメント分布

(d) 結論ならびに今後の課題

せん断土槽を用いた振動実験によって飽和地盤での杭と地盤の挙動が入力振動の多方向性に大きな影響を受けることが明らかとなった。特に、液状化発生前後のスパイク的な大きな加速度応答は多方向振動ほど大きく、また、杭に大きな影響を及ぼすことが示唆される。地盤の液状化についても入力振動の影響が大きく、水平2方向振動では液状化継続時間が長くなること、また、鉛直振動が加わった場合にはその消散が早くなることが明らかとなった。今後は、液状化発生時の間隙水圧の上昇と入力振動の多方向性の関係についても明らかにするとともに、構成上部構造物の特性や非液状化層が介在する地盤などの影響に着目し、地盤と杭の相互作用について検討することとする。

(e) 引用文献

なし

(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 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	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)	平成15年 9月6日
Takahito Inoue Masayoshi Sato Masoud Mohajeri Yoshiyuki Mohri Kazunobu Izumi	THREE DIMENSIONAL ANALYSIS OF SOIL-PILE-STRUCTURE MODEL IN A SHAKE TABLE TEST	13th World Conference on Earthquake Engineering (13WCEE), Vancouver, BC Canada	2004年8月 (発表予定)

(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) 業務計画

平成16年度は、杭上部に設けた構造物の影響を検討するために、固有周期が長い上部構造物を作成し杭と地盤の動的相互作用を明らかにする。

平成15年度と同様に水平1方向振動時における地盤の液状化が杭の挙動に与える影響を明らかにするとともに、鉛直振動と水平振動が同時に作用する場合についても、地盤の液状化の発生と杭の振動性状を明らかにする。地盤は非液状化層が介在する場合についても実施することとして、杭と地盤の動的相互作用を周辺地盤の加速度応答や間隙水圧応答、杭のひずみ、杭に作用する土圧の応答などを明らかにし、解析結果と比較するための詳細な実験データを提供する。

(b) 実施方法

せん断土槽内に模型杭を設置した地盤を作成し、三次元振動台によって振動実験を実施する。模型地盤は非液状化層を介在する飽和地盤を作成し、地盤の加速度応答や杭に発生するひずみなどから地盤と杭基礎の動的相互作用を明らかにする。杭のモデルは2×2本の杭として、杭間隔を杭直径の10倍にとって単杭の挙動が卓越する条件を設定する。入力振動については、水平1方向、水平面内2方向、及び3次元振動を組み合わせることで模型地盤に作用させることとして、地盤の応答、地盤杭系の応答の違いを把握する。また、上部の構造物は固有周期が地盤の固有周期よりも長いモデルについて実験を行う。さらに、杭が破壊モードに入る状況についても試験を行う。

(c) 目標とする成果

入力振動の多方向性が地盤に与える影響を液状化の前後で明らかにする。また、杭が破壊モードに入る状況について入力振動の多方向性の影響や地盤の応答の観点から明らかにするとともに、解析結果と比較するための詳細なデータを提供する。

