

液状化地盤-杭基礎構造物系の過渡共振現象に関する実験的研究  
その2 実験結果の検討

せん断土槽 液状化 杭  
振動台 動的相互作用

正会員 梶井 健\*1 同 八尾 眞太郎\*2  
同 小林 恒一\*3 同 藤田 良太\*4  
同 三好 将史\*4

1. はじめに

本報その2では、液状化過程における杭体曲げモーメントに着目し、液状化状態では見られない過大な応答の発生を確認する。また、液状化の進行に伴う杭体曲げモーメントの発生要因について考察を行う。

2. 杭体曲げモーメント

図1~4に入力振動数が2Hz、5Hz、10Hz、15Hzの実験で得られた杭体の曲げモーメントと過剰間隙水圧の深度分布を特徴的な時刻についてそれぞれ示す。特徴的な時刻は杭頭の曲げモーメント時刻歴において最大値をとる時刻( ) 杭中間部の曲げモーメント時刻歴において最大値をとる時刻( ) 完全液状化状態に杭頭の曲げモーメント時刻歴において最大値をとる時刻( )である。

各時刻の液状化深さは、過剰間隙水圧の深度分布より、過剰間隙水圧勾配と初期有効応力の交点までの深さとする。これらの図より、杭中間部で杭頭と同等の曲げモーメントの発生を確認することができる。

図5、6に2Hz~15Hzの各実験ケースから得られた液状化過程と完全液状化状態の杭頭、杭中間部での杭体曲げモーメント時刻歴の最大値をそれぞれ示す。これらの図から完全液状化状態よりも液状化過程において杭頭、杭中間部の曲げモーメントが大きくなっていることがわかる。

3. 杭体曲げモーメントの正規化

図5、6に示す液状化過程および完全液状化状態における杭体曲げモーメントは、入力加速度の振幅がそれぞれで異なる状態であり、厳密に比較することができないので正規化が必要となる。正規化は、入力加速度を仮に上部構造に作用させた場合に生じる水平力Hに対応する杭頭の曲げモーメントで除すことにより行うこととする。杭頭の曲げモーメントは杭頭条件を突出なし・固定端とするChangの式より導かれる $H/2\beta$ を用いた。その結果を図7、8に示す。これらの図から、正規化を行うことにより、過大な曲げモーメントが液状化過程において発生していることを再確認できる。本実験は振動数一定の正弦波入力により行っており、図5、6に示す液状化過程における杭体曲げモーメントは発生し得る最大の値であると考えられる。現行の設計体系<sup>4)</sup>では、図5、6に示す完全液状化状態に相当する杭応力の算定を行っている。地震動入力時の液状化過程における曲げモーメントは、図5、6に示す液状化過程と完全液状化状態の間に発生すると考えられ、現行の設計体系では、必ずしも安全側ではないと考えられる。

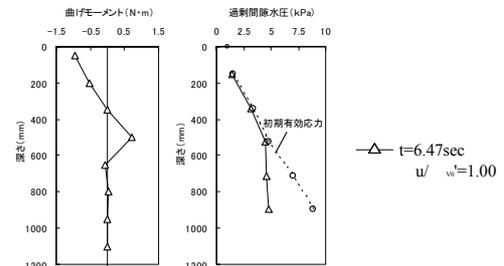


図1 曲げモーメント、過剰間隙水圧の分布 (2Hz)

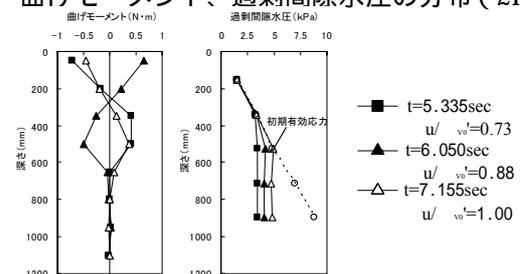


図2 曲げモーメント、過剰間隙水圧の分布 (5Hz)

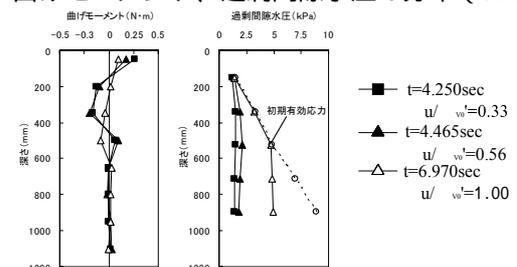


図3 曲げモーメント、過剰間隙水圧の分布 (10Hz)

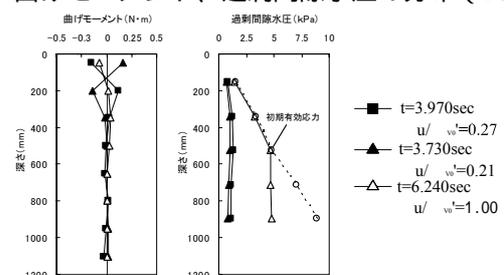


図4 曲げモーメント、過剰間隙水圧の分布 (15Hz)

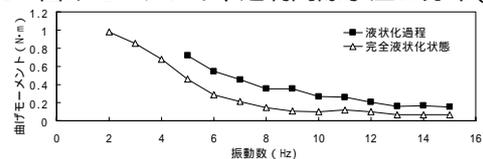


図5 杭頭の曲げモーメント

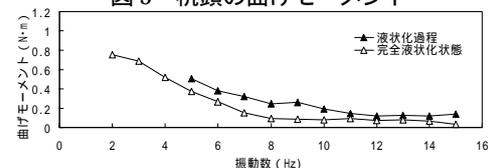


図6 杭中間部の曲げモーメント

#### 4. 杭体曲げモーメントの発生要因についての考察

液状化の進行に伴う杭体曲げモーメントの発生要因を考察するため、実験結果と Chang の式による算定結果を比較する。算定は、杭頭条件を突出あり・固定端とする Chang の式を液状化地盤に適用する。その時の条件を以下に示す。

- ・ 杭体曲げモーメントを算定するにあたり、杭頭に作用する水平力として上部構造の慣性力を用いる。
- ・ 液状化深さまでの地盤を液状化層とし、水平地盤反力係数  $k_h$  を無視し、その層にある杭を突出杭として扱う。
- ・ 液状化深さ以下の地盤を非液状化層とし、水平地盤反力係数  $k_h$  は (その1) で述べた  $k_h$  を用いる。

液状化過程および完全液状化状態における曲げモーメントの算定結果を図9～12に示す。図9に示した入力振動数が2Hzの実験において実験結果と算定結果には差異が見られる。この理由として負の地盤反力の影響が現れていると考えられる。図10～12に示した入力振動数5Hz、10Hz、15Hzの実験において実験結果と算定結果は比較的良好な対応を示していることがわかる。よって、本実験のような相対密度の小さい地盤において、液状化の進行に伴う杭体曲げモーメントは、地盤変位に伴う地盤反力の影響は少なく、上部構造の慣性力および液状化深さが主要因として発生していると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究の結果は、以下のようにまとめられる。

- (1) 液状化過程において過大な杭体曲げモーメントが発生する場合があります、その応答特性を設計に反映させることが必要な場合もある。
- (2) 本実験のような相対密度の小さい地盤では、液状化進行に伴う杭体曲げモーメントは、上部構造の慣性力と液状化深さが主要因として発生していることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 小林恒一, 吉田望, 八尾真太郎: 大型せん断土槽を用いた液状化時の杭基礎の挙動, 第8回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.819~824, 1990.12.
- 2) 八尾真太郎, 小林恒一, 松尾宏司: 小型せん断土槽を用いた液状化地盤における杭基礎構造物の動的挙動について, 日本建築学会構造系論文報告集 第435号, pp.81~90, 1992.5.
- 3) 澤田亮, 西村昭彦: 液状化地盤における基礎構造物の振動性状に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第736号/ -63 pp.129~142, 2003.6.
- 4) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 2001.10.
- 5) 三好将史, 八尾真太郎, 榊井健, 伊藤淳志, 藤田良太: 杭基礎構造物の弾性挙動に関するボーリング機構付せん断土槽を用いた液状化実験 その1 せん断土槽の製作及び実験概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), B-1, pp.421~422, 2003.

- \*1 関西大学工学部建築学科 助教授・工博
- \*2 関西大学工学部建築学科 教授・工博
- \*3 (株)ジオトップ 技術開発本部 工博
- \*4 関西大学大学院工学研究科 大学院生

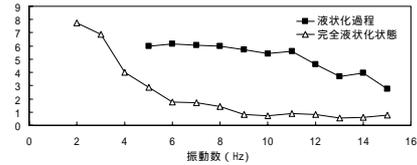


図7 正規化した杭頭の曲げモーメント

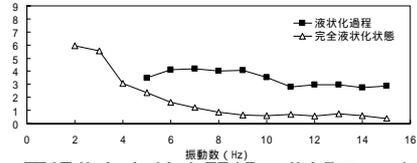


図8 正規化した杭中間部の曲げモーメント

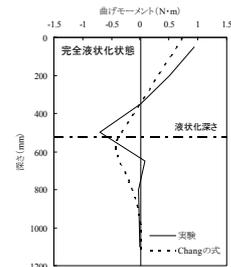


図9 杭体曲げモーメント分布(2Hz)

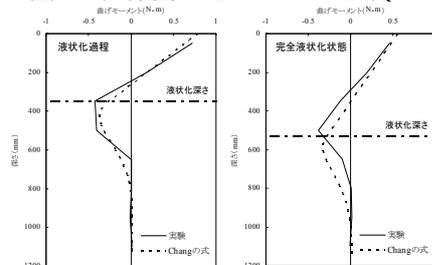


図10 杭体曲げモーメント分布(5Hz)

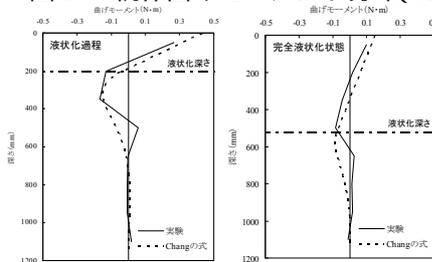


図11 杭体曲げモーメント分布(10Hz)

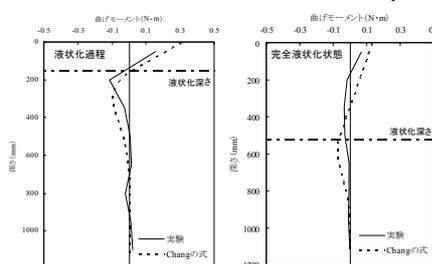


図12 杭体曲げモーメント分布(15Hz)

- 6) 八尾真太郎: 杭-地盤系の模型振動実験に関する相似則について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.967~968, 1988.10.

謝辞

本実験の遂行にあたり、関西大学(当時)の逢坂一樹氏、島ノ江俊秀氏、白石貴大氏、鳥居佳充氏の協力を得た。ここに深く感謝いたします。

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kansai Univ., Dr.Eng.  
 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kansai Univ., Dr.Eng.  
 GEOTOP Corporation, Dr. Eng.  
 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kansai Univ.