

木杭基礎を用いた液状化対策工の解析的研究

法政大学大学院 学生会員 ○栗原 柊介
 LEGOLAND Japan 非会員 森 春香
 飛島建設 正会員 沼田 淳紀
 法政大学 正会員 酒井 久和

1. 研究の背景と目的

液状化対策の1つとして、丸太打設液状化対策&カーボンストック工法(Log Piling Method for Liquefaction Mitigation and Carbon Stock), 通称 LP-LiC 工法¹⁾がある。LP-LiC 工法とは、丸太を砂地盤に打設することで地盤を密に改良し液状化対策を行うと共に、地下水位以深に打設された丸太により地中に炭素貯蔵を行う、環境負荷の極めて小さい液状化対策工法である。飛島建設では、LP-LiC 工法の液状化対策効果を確認するため、大型模型を用いた振動実験²⁾が行われた。本研究では、大型模型振動実験に対して数値シミュレーションを行った。

2. 実験概要

飛島建設による振動実験では無対策地盤($D_r=48\%$), 丸太打設地盤 4D 間隔($D_r=70\%$)・5D 間隔($D_r=65\%$) (D は丸太の直径), 密度増大地盤($D_r=91\%$)の4ケースについて実験が行われた。土槽1では、土槽を2つに仕切り、無対策地盤と丸太

打設 5D 間隔地盤が作製され同時に加振された。同様に土槽2では、丸太打設 4D 間隔地盤と密度増大地盤が作製された。実験ケースについて表1に示し、大型模型の詳細を図1に示す。

3. 数値シミュレーション

有限要素法に基づく2次元動的有効応力解析プログラムの FLIP ROSE ver.7.4.0 を用いて数値シミュレーションを行った。FLIP は液状化現象という一種の地盤破壊現象を数値的に安定して解くことができ、液状化がかなり進行したレベルになるまでも安定してシミュレーションが可能である。

3. 1 解析方法

解析モデルは、振動実験に用いられた大型模型に基づいて作成し、その詳細を図2に示す。入力地震動は、50gal~400gal までの8秒間の正弦波である。また、大型模型振動実験で地盤表面に設置された錘のコンクリ

表1 実験ケース

ケース	対策方法	土層番号
NIP	無対策	1
P5D	丸太打設(5D間隔)	
DNS	密度増大	2
P4D	丸太打設(4D間隔)	
Dは丸太直径		

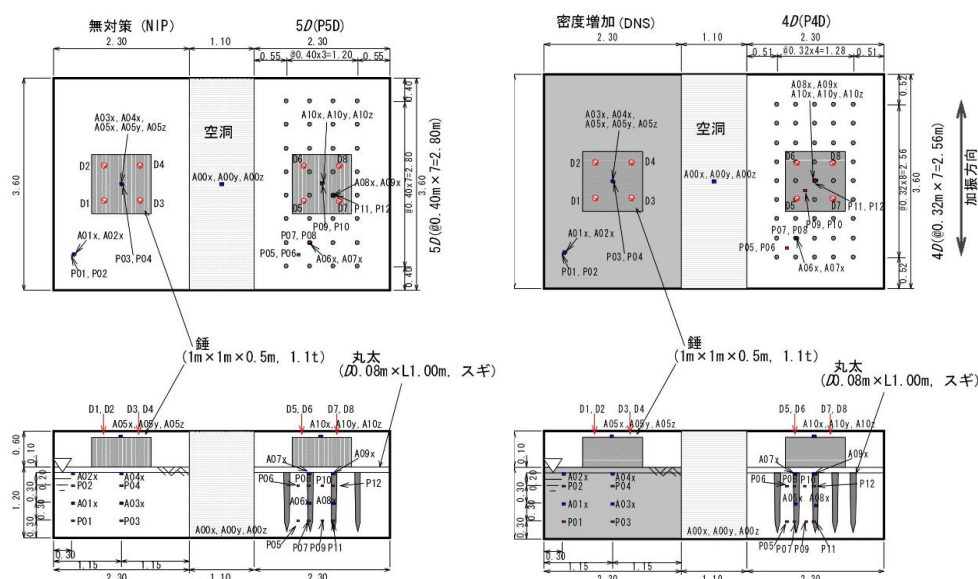


図1 大型模型詳細(左:土層番号1, 右図:土層番号2)

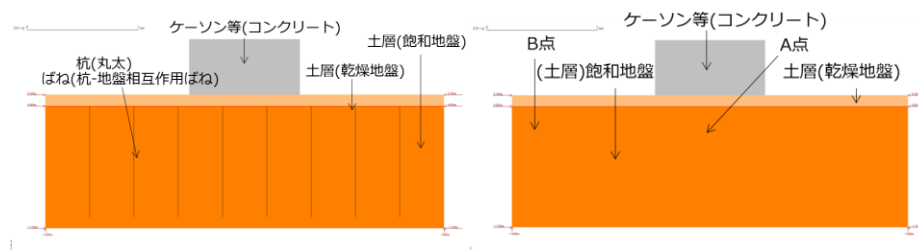


図2 解析モデル(左図:NIP・DNS, 右図:P4D・P5D)

キーワード 液状化, LP-LiC 工法, マルチスプリングモデル, ジョイント要素, 累積沈下量

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷田町 2-16 TEL 03-5228-1429

ート塊は、加振状態でもすべりなどによる水平方向への移動はしないと仮定し、錘コンクリートと乾燥地盤の接触面を拘束し、両者が同一の動きをするように設定（以下、多点拘束とする）した。しかし、大地震時には地盤と構造物との間に、剥離現象と滑動現象が生じる可能性がある。そこで、剥離現象と滑動現象を表現できるジョイント要素を設定した。

3. 2 解析結果

NIP に最大加速度 150gal の地震動を入力して解析を行った場合の変形図を図 3 に示す。拘束圧の高い錘直下では液状化しにくく、拘束圧の自由地盤では液状化しやすいという特性を確認できた。また、錘直下 A 点でのせん断応力—せん断ひずみ関係（図 4）は、ジョイント要素を設定した場合繰り返しせん断に伴う残留ひずみが多点拘束に比べて約 3 分の 1 になっている。多点拘束を設定した場合は錘の振動に伴って強制的に地盤に変位が生じたが、ジョイント要素を設定することで接触面が滑動し、それが解消されていることが確認できた。

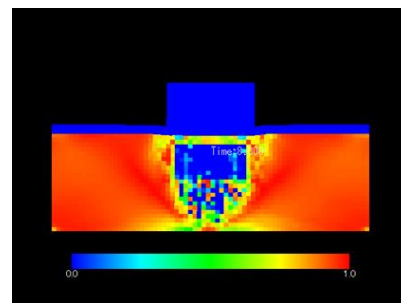


図 3 変形図(NIP, 150gal)
(色は過剰間隙水圧)

図 5 に示す各 4 ケースの入力加速度と累積沈下量の関係は、地震応答解析において特に異常が生じやすい錘直下表層地点の過剰間隙水圧に着目して同定した液状化パラメータを採用した結果である。実験の P4D では錘が沈下することで丸太が下端に接し、沈下が抑制されているが、解析では丸太の位置を固定しているためその効果は再現されていない。そのため NIP, DNS 共に累積沈下量が実験を概ね再現できたと言える。実験の P4D, DNS は、入力加速度が 200gal を超えると沈下量が急激に増加していくが、解析では、緩やかな増加であり、累積沈下量が過小評価される結果となった。

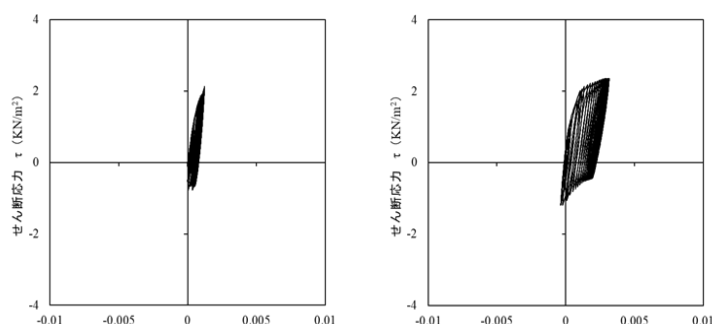
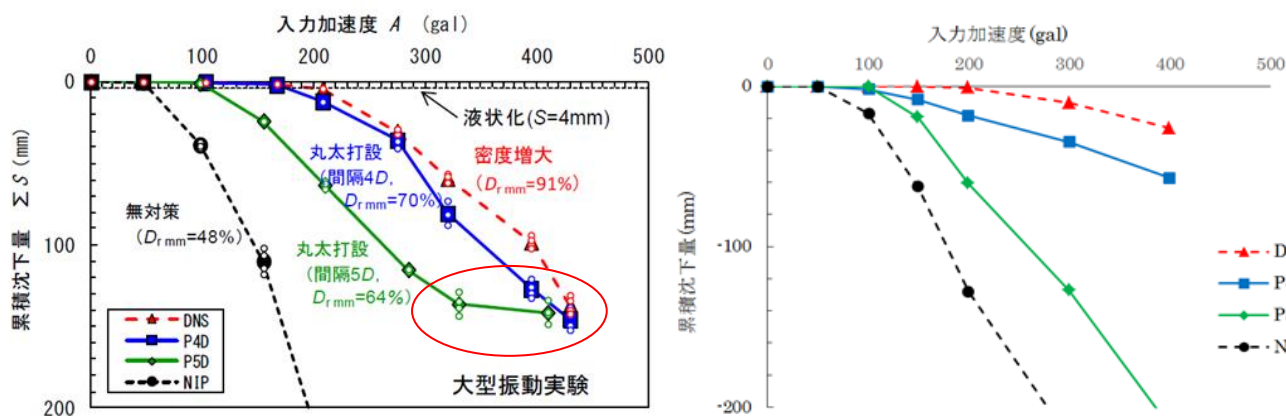


図 4 せん断応力 - せん断ひずみ関係 (NIP, 150gal)
ジョイント要素(左図)と多点拘束(右図)



4. 結論

図 5 入力加速度と累積沈下量の関係 実験結果(左図)と解析結果(右図)

本研究では、飛島建設が実施した数ケースの大型振動台実験（無対策、木杭間隔 4D, 5D, 密度増大）に対して数値シミュレーションを行った。結果、入力加速度と累積沈下量の関係を概ね再現することができた。

参考文献

- 1) 沼田淳紀, 筒井雅行, 村田拓海, 山口澄靖, 佐藤和夫, 鶴見哲也, 榎園庄一郎, 加藤賢二: 丸太打設液状化 & カーボンストック(LP-LiC)工法の開発, とびしま技報, No.63, 2014
- 2) 沼田淳紀, 村田拓海, Saima RIAZ, 三村佳織, 原忠: 大型振動実験による丸太打設の液状化対策効果, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.71, No.4 (地震工学論文集第 34 巻), I274-I283, 2015