

丸太打設による液状化対策工法の再現解析

中部大学 学生会員 ○吉川 達也
 中部大学 正会員 余川 弘至
 飛鳥建設 正会員 沼田 淳紀

1. 目的

2011年東北地方太平洋沖地震では、東北から関東地方にかけて広範囲で地盤の液状化が発生し、戸建て住宅の沈下や傾斜などの被害が多く確認された。現在、土木の分野で用いられている液状化対策は高コストであるため、個人で負担するのが困難である。そこで地盤中の液状化対策として経済的、環境的に配慮した丸太打設液状化対策&カーボンストック工法「LP-LiC工法」が提案されている。

三村ら¹⁾は、丸太打設による構造物の沈下抑制および液状化対策抑制効果を大型振動台実験により明らかにしている。板東ら²⁾は、その大型振動実験を2次元有効応力解析プログラム「LIQCA2D」³⁾を用いた再現解析を行い、丸太打設による対策効果のメカニズム解明を行ってきた。密度増大や丸太の剛性を考慮することで、丸太の打設本数が多いほど、液状化対策効果が大きいという定性的な結果は再現することができたものの、構造物の沈下量を定量的に再現することができなかった。そこで、本研究では、既往の研究⁴⁾でも効果の可能性を示している。丸太打設による静止土圧係数 k_0 の増加を見込んだ解析を実施し、大型振動台実験の再現を試みるともに、その液状化対策効果のメカニズムを把握することを目的とした。

2. 解析条件

図-1に解析モデルを示し、表-1に材料パラメータを、図-2に、大型振動台実験⁴⁾で計測された加速度波形の一例を、表-2にケース名を、図-3に丸太の配置図を示す。これらの条件は、板東ら²⁾の実施した解析条件と同じである。地盤モデルのサイズは幅2.3m×高さ1.2mであり、水位はGL-0mに設定した。構造物は、幅1.0m×高さ0.5mの重さ1.1kNの剛体で、地盤は砂の弾塑性モデルでモデル化した。

節点数および要素数はそれぞれ3540,3532である。大型振動台実験の境界条件を再現のために、メッシュの底面をx,y方向、回転固定とし、メッシュの側面をx方向固定とした。

大型振動台実験では、50gal, 100gal, 150gal, 200gal, 250gal, 300galの順で計6回の加振を行っている。加速度波形は、大型模型振動台から得た加速波形を地震動に用いた。それぞれの加振は、1ステップ前の加振で上昇した過剰間隙水圧が完全に消散したことを確認したうえで実施されている。解析での加振方法は、その一連の過程を再現するため、前ステップの解析結果で得られた変形を次のステップの初期状態として引き継ぐことにより再現した。

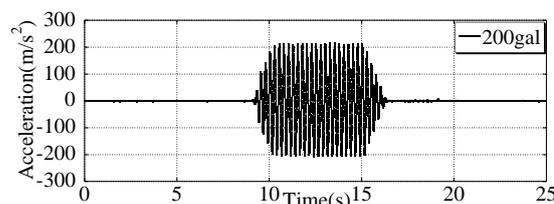


図-2 入力地震動(200gal)

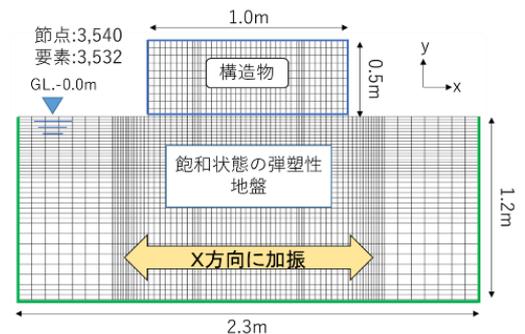


図-1 解析モデル・解析条件

表-1 材料パラメータ

パラメータ名	Dr=64%	Dr=70%
湿潤密度: ρ_s (g/cm ³)	1.94	1.953
透水係数: k (m/s)	1.00E-04	1.00E-04
初期間隙比: e_0	0.804	0.779
圧縮指数: λ	0.0083	0.0082
膨潤指数: κ	0.0008	0.0008
無次元初期せん断係数 ヤング率: G_0/σ'_{vm}	3991.4	4125.0
擬似過圧密比: OCR*	1.2	1.2
変相応力比: M_m^*	0.89	0.89
破壊応力比: M_f^*	1.23	1.23
静止土圧係数: k_0	0.961	0.961
硬化関数中のパラメータ: B^*_o	8000.0	12000.0
硬化関数中のパラメータ: B^*_1	80.0	120.0
硬化関数中のパラメータ: C_f	0.0	0.0
異方性消失のパラメータ: C_d	2000.0	2000.0
ダイレイタンス係数: D^*_o	2.0	0.5
ダイレイタンス係数: n	3.5	4.0
規準ひずみ(弾性): γ^{ps}_r	0.00002	0.00002
規準ひずみ(塑性): $\gamma^{E^*}_r$	0.0001	0.0001

表-2 ケース名

ケース名	密度増大Dr	丸太剛性	k_0 値変化	備考
P5D-I	64%	○	×	板東ら ²⁾
P4D-I	70%	○	×	板東ら ²⁾
P5D-I- k_0	64%	○	○	
P4D-I- k_0	70%	○	○	
	○考慮してる			
	×考慮していない			

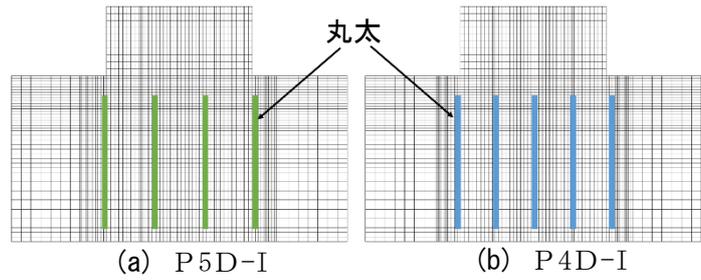


図-3 丸太打設の配置図

3. 数値結果

図-4 に累計沈下量による大型振動台実験の結果と解析結果を示す。

図-4 の累計沈下量の結果では、静止土圧係数 k_0 による強化増加を考慮した解析結果と板東ら²⁾の解析結果を比較すると、板東ら²⁾の解析結果より静止土圧係数 k_0 の増加を考慮した解析結果のほうが大型振動台実験⁴⁾の結果と同様な累計沈下量の傾向がみられた。このため、板東ら²⁾の解析結果が大型振動台実験の結果と異なった要因の一つとしては、静止土圧係数 k_0 の増加の影響があると考えられる。また図-4 では、大型振動台実験の結果と各再現解析結果を比較すると、各再現解析は、100gal から沈下量が大きくなっている。対して大型振動台実験では、200gal から沈下量が大きくなっている。このため、累計沈下量では、おおよそ数値解析により大型振動台実験の結果を再現することができているが、150gal~250gal 付近の再現がやや劣っている。

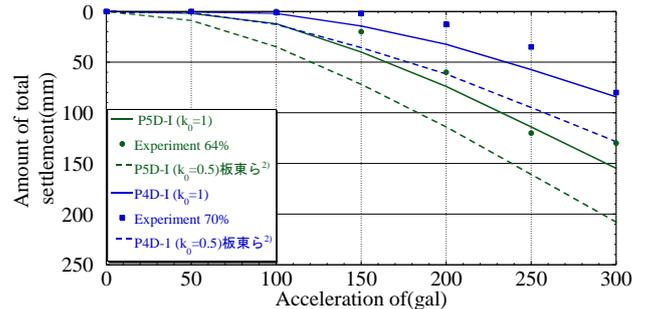


図-4 累計沈下量

4. まとめ

解析結果では丸太打設により地盤全体の静止土圧係数 k_0 が強度増加することによって、大型振動台の実験結果と同様な累計沈下量の傾向がみられたため、板東ら²⁾の解析結果と大型振動台実験の結果が異なっていた要因の一つとして静止土圧係数 k_0 の影響があると確認できた。密度増大、丸太の剛性、地盤の静止土圧係数 k_0 による強度増加では大型振動台実験の結果と同様な傾向はみられたが完全に再現することはできなかった。大型振動台実験⁴⁾と同じ条件を数値解析で再現するために、有効応力解析プログラム「LIQCA」³⁾による3D解析を用いて奥行きによる地盤の変形と丸太の曲げおよび軸の剛性を再検討する予定である。

参考文献

- 1) RiazSaima, 早大, Atsunori, Numata, 飛島 技研, Kaori Mimura, 兼松日産, Hiroaki Ikeda, Toshikazu, Hori: The effect of log piling on liquefaction, Journal of JSCE, Vol.2. pp144-158. 2014.
- 2) 板東俊樹, 余川弘至, 三輪滋, 沼田淳紀, 杉井俊夫: 丸太打設による密度増大効果に着目した液状化解析, 第51回地盤工学研究発表会, 2016.9.
- 3) 一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所: LIQCA2D14 (2014年公開版)資料, 一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所. 2014.12.2.
- 4) 沼田淳紀, 村拓海, SaimaRIAZ, 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・地盤工学). Vol. 70, No. 4(地震工学論文集第34巻), pp274-283. 2015.