

Ⅲ-A153

格子状改良地盤における格子寸法と液状化防止効果の考察

(株) 大林組技術研究所 正会員 ○佐藤 清
同上 正会員 松田 隆

1.はじめに 筆者らはこれまでに埋立地盤における格子状地盤改良を想定し、二次元相互作用モデルによる動的有効応力解析を実施し、過剰間隙水圧の分布と地表面沈下から液状化防止効果の定量的評価を試みている¹⁾。本報告では格子状地盤改良を想定した大型振動台実験を対象に動的有効応力解析を実施し、過剰間隙水圧および地表面沈下の評価を行い、さらに解析モデルを実地盤に対応した寸法に拡大して、格子寸法と改良効果の関係について考察を行っている。

2.大型振動台実験概要 解析対象とした大型振動台実験は、図-1に示す模型地盤により建設省土木研究所にて実施された²⁾。模型地盤は厚さ80cmの液状化層、50cmの支持層により構成され、どちらも飽和した豊浦標準砂である。各層の物理特性は、液状化層では単位体積重量が平均 $1.95(\text{tf}/\text{m}^3)$ 、S波速度 $80(\text{m}/\text{s})$ 、支持層ではS波速度 $180(\text{m}/\text{s})$ である。格子状改良壁は鉄筋補強した厚さ10cmの軽量コンクリート製で、支持層に20cm根入れしている。また

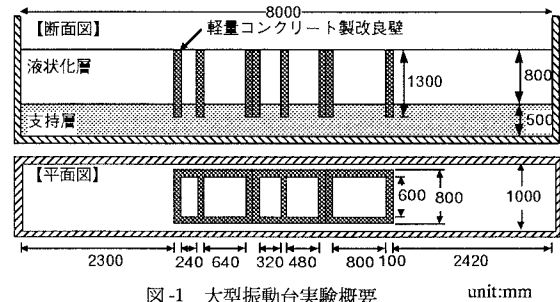


図-1 大型振動台実験概要 unit:mm

格子寸法は図-1に示す通りである。加振は土層の長手方向を加振方向とし、最大加速度を変えた5Hz20波の正弦波による数ケースの加振が実施されており、今回の解析では最大加速度400galを対象とした。

3.動的有効応力解析概要 解析は図-2に示すように、模型地盤における格子1マスを2次元でモデル化した実験モデルと、実験モデルを10倍して実地盤に対応させた実地盤モデルによって行った。解析ケースは表-1に示すように、それぞれ未改良地盤と3ケースの改良地盤で、改良地盤では液状化層厚 $H1$ との比が0.4、0.8、1.2となるように格子ピッチ L を変化させた。解析コードは動的有効応力解析コードEFFECT³⁾である。解析モデルは面内方向（加振方向）の改良壁、地盤、面外方向の改良壁からなる。地盤と面内方向の改良壁が重なる部分については要素を二重に設定し、面内方向壁と内部地盤の挙動を独立させた¹⁾。面外方向の改良壁と壁体内部地盤の境界は二重節点を設け、内部地盤が鉛直方向には自由にスライドできるようにした。ただし地盤と面外方向壁の間に生じる摩擦は考慮していない。モデルの左右境界は繰返し条件、底部は実験モデルでは固定条件、実地盤モデルでは粘性境界を設けた。排水面は地表面のみである。地盤部分のうち液状化層は二相系非線形要素、支持層は一相系非線形要素とし、改良壁は一相系線形要素とした。表-2に解析に用いた地盤および改良壁の入力パラメータを示す。実験モデルにおける液状化層および支持層のパラメータは大型振動台実験で示されている物理特性の他、既往の研究成果を参考に決定した。実地盤モデルにおけるヤング率や硬化パラメータなどは、実験モデルでの値を規準とし拘束圧の値に応じて算定した。入力波は実験モデルは最大加速度400galの5Hz20波の正弦波とし、実地盤モデルは図-3に示す兵庫県南部地震時の「トアイランド」での観測記録をGL-83mでの入射波成分に分離したもの⁴⁾を用いた。

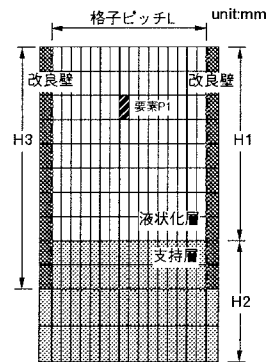


図-2 2次元FEMモデル図

4.解析結果 図-4に実験モデルでの未改良地盤と格子ピッチ64cmにおける、深さGL-0.25m（図-2要素P1）での過剰間隙水圧比時刻履歴を示す。未改良地盤では過剰間隙水圧比が1.0に達し液状化しているが、改良地盤では0.4以下に抑制された。改良地盤の

表-1 解析ケース

	実験モデル $H1=0.8\text{m}, H2=0.5\text{m}, H3=1.0\text{m}$			実地盤モデル $H1=8.0\text{m}, H2=5.0\text{m}, H3=10.0\text{m}$		
	未改良	改良地盤		未改良	改良地盤	
L	-----	0.32m	0.64m	0.96m	-----	3.2m 6.4m 9.6m
L/H1	-----	0.4	0.8	1.2	-----	0.4 0.8 1.2

地盤改良、液状化、沈下、動的有効応力解析、振動台実験

〒204 東京都清瀬市下清戸4-640 (株) 大林組技術研究所 TEL: 0424-95-0910 FAX: 0424-95-0903

応答に見られる振動成分は入力波の振動成分と同じで、壁体により地盤の全体剛性が増加した影響と考えられる。

図-5、6は実験モデルおよび実地盤モデルにおける最大過剰間隙水圧比の深度分布を示している。図-5には振動台実験における格子ピッチ $L=32\text{cm}$ （■）と 64cm （□）の結果も示した。実験モデル、実地盤モデルともに未改良地盤ではほぼ全層で液状化しているが、改良地盤ではほぼ0.2～0.6程度の値に抑制されている。図-5に示す実験モデルの結果では振動台実験の結果と比較して、 $L=32\text{cm}$ のケースはやや高めの値を示しており、 $L=64\text{cm}$ ではほぼ同じ値となっている。また実験モデル、実地盤モデルともに改良ピッチが狭いほど、水圧の抑制効果が高いことがわかる。

図-7は未改良地盤の沈下量を1としたときの改良地盤での沈下量を示し、横軸は $L/H1$ である。振動台実験の結果では $L/H1=0.4\sim 1.0$ の範囲で沈下量が未改良地盤の2割前後まで抑制され、 $L/H1=1.0$ よりも $L/H1=0.8$ 、 0.4 のケースで沈下抑制効果が高い。これに対して解析では、実験モデル、実地盤モデルともに $L/H1$ が小さいほど沈下の抑制効果が高い傾向は現れているが、未改良地盤の8割前後の沈下が生じる結果となった。今回の解析では壁体と壁体内部地盤の間に生じる摩擦等を考慮せず、内部地盤が鉛直方向に自由にスライドできるモデル化をしており、沈下量抑制効果の評価において振動台実験と解析結果に相違が見られたのは、地盤定数の設定よりもモデル化の影響が強いと考えられる。ただし振動台実験での沈下量測定においては、加振後の地表面の不陸等の影響による誤差が含まれている可能性も考えられ、解析結果を比較検討する際は注意を要する。

5.まとめ 今回の振動台実験を対象とした動的有効応力解析、および解析モデルを実地盤に対応させた解析により、過剰間隙水圧の評価から格子状地盤改良の基本的な液状化抑制効果が確認され、格子ピッチが狭くなるほどその効果が高まることが示された。ただし、沈下量の評価においては、振動台実験の結果との相違が見られたことについては、壁体との摩擦力の評価法など、主に内部地盤の鉛直方向の変形特性を決定するモデル化手法に起因していると考えられる。モデルの単純化等の理由により、今回は壁体～内部地盤の摩擦力を考慮しなかったが、沈下量の評価は液状化対策工の設計を行う上で重要であり、今後はモデル化手法をさらに検討する必要がある。

謝辞 本研究では建設省土木研究所他による共同研究の成果を参考とさせて頂いたことをここに記し感謝致します。

参考文献 1)佐藤他：有効応力解析による格子状地盤改良の液状化防止効果の考察、第32回地盤工学研究発表会、pp.1085-1086、1997 2)建設省土木研究所他：耐震地盤改良工法に関する共同研究報告書(その5)、平成3年1月 3)伊藤：動的有効応力解析プログラム「EFFECT」(その1) -基礎理論と地盤構成モデル-、大林組技術研究所報、No.51、1995。4)江尻他：ポトアイランド 鉛直7m-地震観測記録を用いた基盤入射波分離の試み、土木学会第50回年次学術講演概要集、1995。

表-2 地盤および改良体の入力パラメータ

	液状化層	支持層	改良壁体
単位体積重量(kN/m^3)	19.11	21.56	23.52
土骨格ヤング率(kN/m^2)	33206.0	183208.0	2.16×10^7
土骨格ポア率	0.33	0.33	0.20
内部摩擦角(DEG)	30	35	----
初期間隙比	0.739	0.510	----
透水係数(m/s)	8.0×10^{-6}	----	----
効果パラメータ	0.0001	1.0×10^{-7}	----

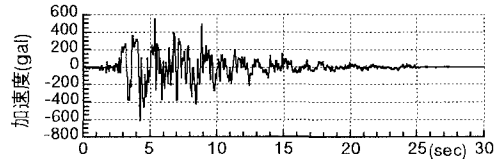


図-3 入力地震動（実地盤モデル）

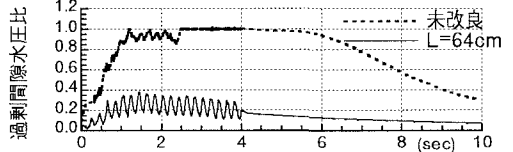


図-4 過剰間隙水圧比時刻歴（実験モデル）

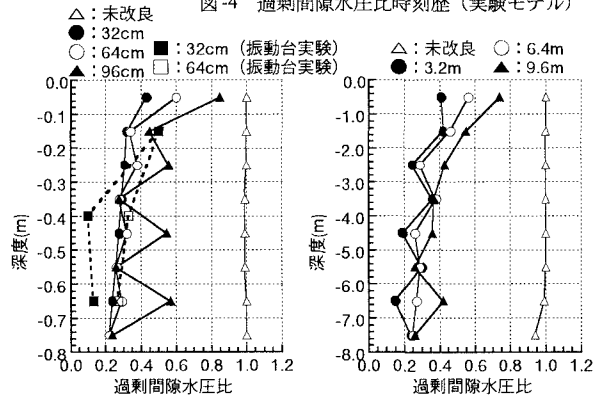


図-5 最大過剰間隙水圧比分布（実験モデル）

図-6 最大過剰間隙水圧比モデル（実地盤モデル）

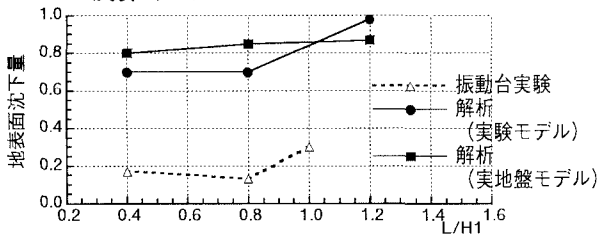


図-7 地表面沈下による液状化抑制効果の比較