

格子状地盤改良工法に対する疑似3次元解析手法の検討

竹中土木 正会員 ○今井 政之
 竹中工務店 正会員 金田 一広
 竹中土木 正会員 津國 正一
 沿岸技術研究センター 正会員 菅野 高弘

1. はじめに

液状化対策工法の一つに格子状地盤改良工法がある。従来は、液状化を完全に抑止することを前提として、格子間隔Lと格子深さHの比(L/H)を0.8以下と設定することが一般的であった¹⁾。しかし近年は、地表面沈下を一定の範囲で許容する等の、液状化対策の対象となる構造物に応じた要求性能が求められる場合がある。これらに対応した設計をするためには、非線形性を考慮した3次元FEM解析を用いることが理想だと考えられるが、メッシュ作成や解析に多くの時間を費やす必要があるため、実設計で用いることは難しい。そこで、一つの手法として疑似3次元モデルが提案されている²⁾。本論文では3次元モデルと疑似3次元モデルによる解析を行い、結果を比較することで、境界条件の設定について検討するものである。

2. 解析条件

数値解析は、R-Oモデルを解析コードMuDIANに導入して動的非線形解析を実施した。なお、本来は間隙水圧を考慮した液状化解析を行う必要があるが、今回は比較を容易にするために1相系で検討した。図1に用いた3次元および疑似3次元の解析モデルを示す。10mの砂層と10mの基盤層のモデルを表層地盤なしのケースとし、この上に表層地盤として厚さ5mを設定したケースについても解析を行っている。格子幅は1m、格子間隔(内寸法)10mである。境界条件は、側面は繰返し境界、底面は粘性ダンパーとする。疑似3次元モデルでは、格子状改良体を面外要素と面内要素に分け、面外要素は砂層・基盤層と併せてモデル化し、面内要素は対応する面外要素に重なるように設定する。ここで、面内要素と面外要素の境界条件を図2のとおり4ケースを設定した。枠内の2重節点を等

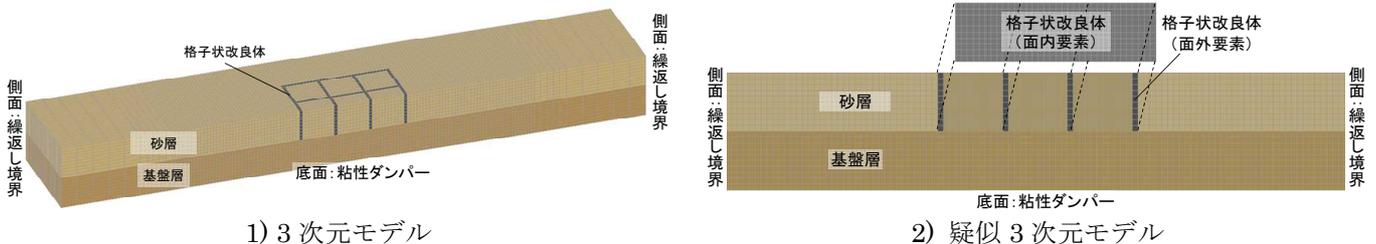


図1 解析ケース一覧(表層地盤厚0m)

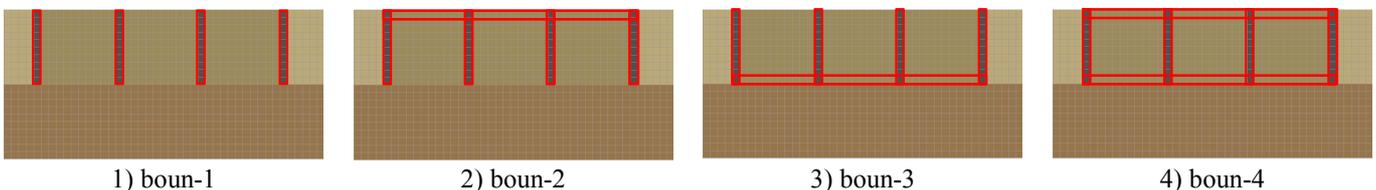


図2 面内要素と面外要素の境界条件

表1 解析パラメータ

| | 密度 (g/cm ³) | ヤング率 (kN/m ²) | せん断 弾性係数 (kN/m ²) | ポアソン 比 | 基準 ひずみ γ_{rf} | 最大 減衰定数 h_{max} |
|-----|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|----------------------------|-------------------------|
| 砂層 | 1.6 | 1.4×10^4 | — | 0.49 | 1.0×10^{-3} | 0.210 |
| 基盤層 | 1.6 | 1.4×10^5 | — | 0.49 | 1.0×10^{-3} | 0.210 |
| 改良体 | 1.6 | — | 9.3×10^5 | 0.26 | 1.0×10^{-3} | 0.210 |

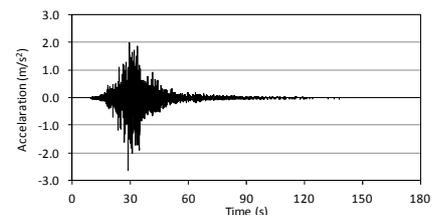


図3 入力地震動

キーワード：格子状地盤改良, 地震応答解析

連絡先：〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 株式会社竹中土木 Tel:03-6810-6307

変位拘束としている。格子間隔に合わせて、面内要素の奥行きを1m、格子内地盤の奥行きを10mと設定した。解析に用いたパラメータを表1に示す。表層地盤のパラメータは砂層と同じものを使用した。入力地震波には図3に示す不規則波を用いた。また、土の構成式には履歴減衰もあるが、数値解析を安定させるためにレーリー減衰を用いて、各々のモデルの第1固有値と5Hzで5%となるように α 、 β を設定した。

3. 解析結果と考察

3.1 改良体なしの場合

改良体部分のパラメータを砂層のパラメータとして、改良体なしのケースの解析を行った。中央の格子の地表面応答加速度の最大値分布図を図4に示す。表層地盤0mのとき、3次元解析結果と疑似3次元のboun-3、boun-4のケースの結果が一致していることが分かる。表層地盤5mのときは、3次元解析結果と一致しているのはboun-4のケースだけとなっている。これらのことから、疑似3次元モデルでは改良部分（面外要素および面内要素）の上下に地盤を設定する場合、面内要素と格子内地盤の端部を等変位拘束する必要があることが分かる。

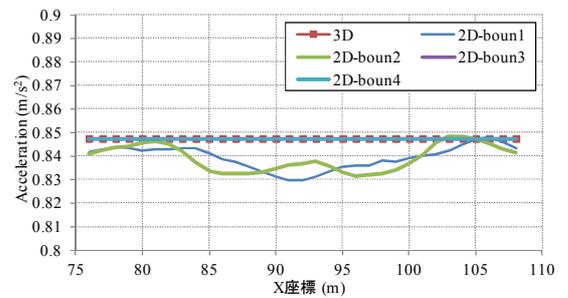
3.2 改良体ありの場合

図5に改良体がある場合の解析結果を示す。表層地盤がない場合、boun-1とboun-3は格子内中央部で大きく加速度が上がっており、3次元解析結果と比べて異なる結果となった。boun-2とboun-4はほぼ重なっており、3次元解析結果と比べても両端がやや大きくなっているものの近い結果となった。この結果から、表層地盤がない場合は面外要素と格子内地盤の上端部（地表面側）を等変位拘束する必要があると考えられる。表層地盤がある場合は、疑似3次元モデルと比べて3次元解析結果の方が全体的に応答加速度が大きくなっている。これは疑似3次元モデルではより拘束効果が高くなっているためと考えられる。文献2)においても面外要素側の改良体剛性を低減させることで遠心実験で計測された過剰間隙水圧を再現しており、本解析においても改良体剛性の低減を検討する必要があると考えられる。

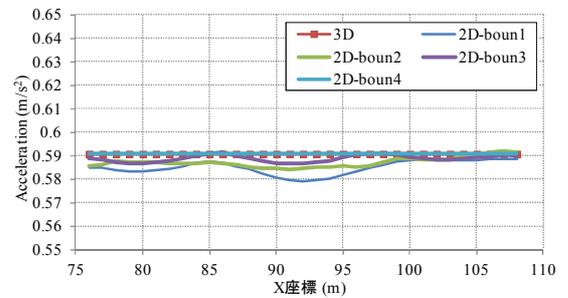
4. 結論

今回行った数値解析による地表面応答加速度の比較により、格子状改良体の面外要素と面内要素の境界条件の設定は、面外要素部分だけでなく格子内地盤の上下端も面内要素と等変位拘束することが望ましいと考えられる。また、格子状改良体および表層地盤が存在する場合は、3次元解析結果がやや大きくなっており、これは疑似3次元モデルでは3次元モデルに比べてより拘束されているためと考えられる。今後は、疑似3次元モデルにおいて改良体の剛性を低下させるなどの手法により、3次元解析結果に近い結果となるように検討する。また液状化解析においても3次元モデルと疑似3次元モデルの比較を行い、過剰間隙水圧の検討も行っていく。

- 参考文献：1) 建設省土木研究所（1999）：液状化対策工法設計・施工マニュアル（案），共同研究報告書，第186号
 2) 高橋ら(2012)：液状化対策としての格子状固化処理工法の改良深さ低減に関する研究，港湾空港技術研究所報告，Vol51，No.2

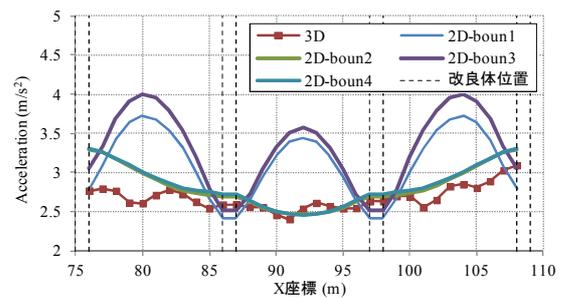


1) 表層地盤なし

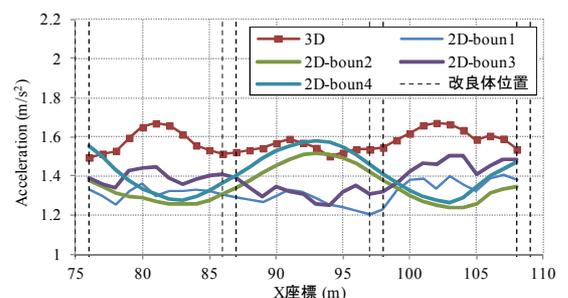


2) 表層地盤 5m

図4 地表面応答加速度の最大値分布図 (改良体なし)



1) 表層地盤なし



2) 表層地盤 5m

図5 地表面応答加速度の最大値分布図 (改良体あり)