擬似3次元モデルを用いた格子状地盤改良工法の解析検討

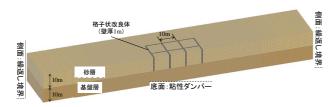
竹中土木 正会員 ○今井 政之, 津國 正一 竹中工務店 正会員 金田 一広, 平井 芳雄

1. はじめに

近年,液状化対策工法の一つである格子状地盤改良工法の設計にあたり,従来は考慮されていなかった地表面沈下量を許容する設計が求められる場合がある。要求性能に応じた格子状地盤改良の設計を行うためには、非線形性を考慮した3次元 FEM 解析が一つの方策として考えられるが、解析モデル作成や計算に多くの時間を費やすため、実設計での活用は難しい。3次元形状を2次元で模擬することができる擬似3次元モデルが提案されており¹⁾,擬似3次元モデルによる解析により、遠心実験で計測された過剰間隙水圧比を再現するために、改良体の面内抵抗要素のヤング率を初期値の15%(441MPa)に低減している。本論文では数値解析により、3次元モデルと擬似3次元モデルによる解析結果の比較を行い、条件設定と解析手法の妥当性を検討するものである。

2. 解析条件

数値解析は、地盤の構成式として YT モデル²⁾を解析コード MuDIAN に導入して解析を実施した。解析モデルを図1に示す。図1(1)に3次元モデルを示す。それぞれ厚さ10mの砂層と基盤層のモデルを、表層地盤なしの Case0とする。図に示すモデルの砂層の上に、液状化しない地盤として表層地盤を厚さ2mと5mで設定したケースをそれぞれ Case2、Case5とする。格子状改良体の壁厚は1mとし、格子間隔(内寸法)は図1のモデルでは10mとしており、各々の Case について格子間隔を10m、16mと変化させて解析を行った。図1(2)に示す擬似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作成する。面内要素と面外要素は、面外要素部の2重節点を等変位拘束としている。格子間隔に合わせて、面内要素の厚さを1m、格子内地盤の厚さを格子間隔と同じに設定した。解析に用いたパラメータを表1に、液状化強度曲線を図2に示す。Case2、Case5において、表層地盤のパラメータは砂層と同じものを使用した。擬似3次元モデルで格子状改良の解析を行う場合、奥行方向の変形が考慮できないために3次元と比較して改良体が格子内地盤要素を過剰に拘束する。そのため2次元モデルで解析を行う場合は、改良体の剛性を低減させて擬似的な曲げを考慮する必要がある。表1に示す改良体の剛性は3次元モデルによる解析で用いた値であり、



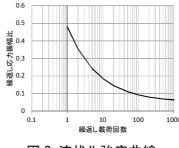
(1) 3次元モデル

(2) 擬似 3 次元モデル

図1 解析モデル(格子間隔10m,表層地盤厚0m)

表 1 解析パラメータ

		-	
パラメータ	砂層	基盤層	改良体
ポアソン比	0.33	0.33	0.26
間隙率 n	0.455	0.455	
透水係数 k(m/s)	1.0×10 ⁻⁶	1.0×10 ⁻⁶	
粘着力(kN/m²)	1	50	
内部摩擦角 f(°)	40	40	
液状化強度 R ₁₂₀	0.146		
初期せん断弾性係数 G _{ref} (kN/m²)	5.06×10 ⁴	4.29×10 ⁵	9.3×10 ⁵
初期平均有効応力 _{ref} (kN/m²)	200	500	



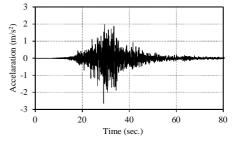


図2 液状化強度曲線

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

擬似 3 次元モデルでは剛性を低減して解析を 行っている。なお、格子状改良体の面内要素 および面外要素の両方の剛性を低減させるこ ととした。入力地震動として図 3 の不規則波 を基盤層底面に 2E で入力した。

3. 解析結果と考察

図 4 に、格子中央部における過剰間隙水圧 比の最大値の深度方向での分布を示す。(1)は 格子間隔 10m、(2)は格子間隔 16m で、それぞ れの格子間隔において表層地盤厚の違いによ る Case0、Case2、Case5 の結果を示す。3 次元 モデル (3D) による解析結果に対し、改良体 の剛性を低減させた擬似 3 次元モデル (2D) による解析結果を示している。

(1)格子間隔 10m の結果

Case0 と Case2 の擬似 3 次元モデルの結果から、改良体の剛性が初期値 $(9.3 \times 10^5 \text{kN/m}^2)$ のときは 3 次元モデルよりも水圧比が抑えられていることが分かる。改良体の剛性を初期値の 25% $(2.33 \times 10^5 \text{kN/m}^2)$ まで低減すると 3 次元の結果と近い値となる。Case5 では、剛性

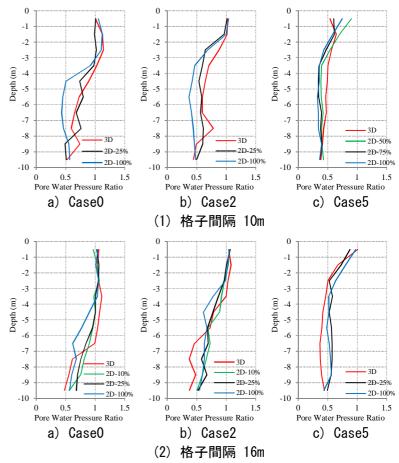


図 4 最大過剰間隙水圧比の深度分布

を低減しても砂層中央部では水圧比が 3 次元モデルよりも小さくなっているが、最大値を示す表層付近では剛性を 50% $(4.65 \times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$ まで低減すると、3 次元と比べて大きな値となっている。

(2)格子間隔 16m の結果

Case0 と Case2 の擬似 3 次元モデルの結果から、改良体の剛性にかかわらず液状化層の深いところでは 3 次元よりも水圧比が大きくなっている。液状化層中央部付近の液状化している深度では、改良体の剛性を低減させることで 3 次元の結果に近づいている。剛性 10%と 25%の結果を比較すると、余り差が見られない。Case5 では、擬似 3 次元モデルの結果は 3 次元の結果よりも水圧比が大きくなっているが、ほとんど液状化していない。液状化している深度では、改良体の剛性を低下させなくてもほぼ 3 次元と同じ値となっている。

(3)考察

格子間隔が 16m のときと比べて 10m のときは、擬似 3 次元モデルで解析を行うときの改良体の剛性の影響が大きく、低減率を考慮する必要があると考えられる。これは、格子間隔が狭いほど格子内地盤を拘束する効果が大きいためだと考えられる。また、液状化が発生したとき、剛性をより低減した方が 3 次元モデルによる解析結果に近づく傾向にあるが、液状化が発生していない場合は剛性を余り低減させなくても 3 次元モデルと同等の結果を示している。

4. 最後に

格子状地盤改良に対して、3次元モデルと擬似3次元モデルを用いた解析結果の比較を行った。その結果、改良 体の剛性を変化させることで3次元モデルによる結果と擬似3次元モデルによる結果を合わせることができる。ま た、格子間隔や液状化の有無で、改良体の剛性の影響が変わることが示された。

参考文献:1) 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, Vol.51, No.2 2) 吉田ら(2008): サイクリックモビリティを考慮した実用的な土の有効応力ーひずみモデル, 日本建築学会構造系論文集, Vol.73, No.630, pp.1257-1264