

Ⅲ-A141 格子状地盤改良における最適格子間隔の決定方法に関する考察

(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 地盤の液状化防止工法の1つである格子状地盤改良工法では、地盤内に格子状に構築された改良壁体が、地震時の地盤のせん断変形を抑制し液状化を防止する。この工法では格子内部地盤の過剰間隙水圧、または地表面沈下量の許容値が設計基準となり、その値は壁体の強度や幅、格子間隔に依存する。これまで筆者らは動的有効応力解析により、格子状地盤改良の液状化防止特性について考察してきた¹⁾が、今回は格子間隔をパラメータとした動的有効応力解析により、過剰間隙水圧や地表面沈下の抑制量から最適な格子間隔を決定する方法について考察した。まず格子状地盤改良の室内模型実験を対象とした数値解析により、解析モデルの検証を行い、次に実地盤サイズのモデルにより、格子状地盤改良の過剰間隙水圧および地表面沈下量の抑制効果を評価した。解析コードにはEFECT²⁾を使用した。

2.解析方法 数値解析モデルの検証は、建設省土木研究所と民間5社の共同研究による「耐震地盤改良工法に関する研究」中の大型振動台実験³⁾を対象とした。実験モデルを図-1に示す。模型地盤は厚さ80cmの液状化層と厚さ50cmの支持層により構成され、液状化層は豊浦標準砂($V_s=80\text{m/s}$)、支持層は砕石および間詰砂($V_s=180\text{m/s}$)である。格子壁体は幅10cm、密度 1.92t/m^3 の軽量鉄筋コンクリート製で支持層に20cm根入れされている。

解析は二次元平面ひずみ要素を用い、自由地盤および格子間隔32cm(図-2)、64cm、80cmの部分をモデル化した。格子部分は面外方向の改良壁体に挟まれた壁間部と、面内方向の壁からなる壁体部とを張り合わせ、左右端部の節点変位を接合した。液状化層と面外方向壁との境界の滑り・はく離は考慮していないが、その理由は、独立に変位させた場合、地表面沈下を過大に評価する可能性が高い¹⁾ことによる。ただし、液状化層と面内方向壁との境界は摩擦を考慮していない。液状化層の要素は間隙水を考慮した二相系非線形材料とし、支持層および改良壁は一相系線形材料とした。排水境界は地表面のみで、間隙水の面外方向への移動はない。表-1に解析に用いた材料定数を示す。これらは要素試験から直接求めた物理特性・力学特性の他、既往の研究成果を参考にして決定した。入力波は、模型実験の加振波である振幅316gal、5Hzの正弦波を与えた。

実地盤サイズのモデルによる数値解析は、検証用の実験モデルの寸法を10倍し、液状化層厚8.0m、格子間隔3.2m、6.4m、8.0mとした。液状化層や支持層の初期せん断剛性など拘束圧に依存するパラメータは、検証用実験モデルに用いた値を基準にし拘束圧に応じて変化させた。入力波には兵庫県南部地震でのポトアイランドGL-83mの基盤入射波⁴⁾を用いた(図-3)。解析ケースを表-2に示す。

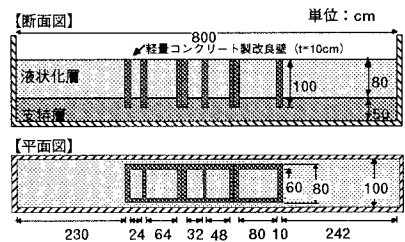


図-1 振動台実験模型

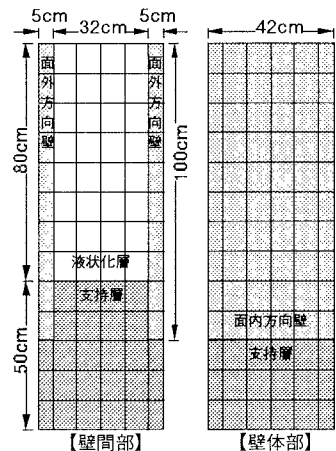


図-2 数値解析モデル

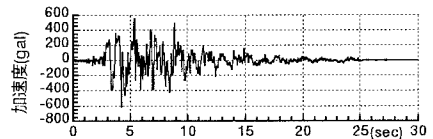


図-3 入力地震波

表-1 解析用地盤定数

	液状化層	支持層	改良壁体
単位体積重量(kN/m^3)	19.12	21.56	18.82
土骨格ヤリ率(kN/m^2)	3.3×10^4	2.1×10^6	2.2×10^7
土骨格ポア比	0.33	0.33	0.20
内部摩擦角(DEG)	35	40	----
初期間隙比	0.739	0.510	----
透水係数(m/s)	6.0×10^{-4}	----	----

表-2 解析ケース

	格子間隔(格子間隔/液状化層厚)			
検証用実験モデル	32cm(0.4)	64cm(0.8)	80cm(1.0)	未改良地盤
実地盤モデル	3.2m(0.4)	6.4m(0.8)	8.0m(1.0)	未改良地盤

格子状地盤改良、液状化、地表面沈下、動的有効応力解析、振動台実験

〒204-0011 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

3. 解析結果 図-4, 5は模型実験を対象とした検証解析の結果である。図-4は液状化層中心部での過剰間隙水圧比、図-5は地表面沈下量を示し、それぞれ未改良地盤と3ケースの改良モデルを比較している。これらの図より、改良壁体により過剰間隙水圧および地表面沈下が抑制され、格子間隔が狭いほどその効果が高いことが示されている。地表面沈下は格子間隔64cmと80cmの差がほとんどないが、格子間隔32cmと比較すると間隔が狭いほどその効果が高いことがわかる。以上の傾向は模型実験結果でも示されており、傾向を評価する意味で解析モデルは妥当であると言える。ただし図-6に示すように過剰間隙水圧比、あるいは地表面沈下の絶対値には差があり、解析定数の一部を文献から推定していることや、境界条件の設定が理由であると考えられる。

図-7, 8は実地盤モデルによる解析結果である。図-7は液状化層中心部での過剰間隙水圧比、図-8は地表面沈下量である。模型実験を対象とした解析と同様に、改良壁体により水圧上昇、地表面沈下が抑制され、格子間隔が狭いほどその効果が高い。これらの効果を定量的に評価するために、横軸を格子間隔と液状化層厚の比として、縦軸に最大過剰間隙水圧比および地表面沈下量をプロットしたのが図-9, 10である。ただし図-9の縦軸は、液状化層の中央列における各要素の最大過剰間隙水圧比を平均した値である。図-9, 10では水圧、沈下ともに格子間隔に対してほぼ線形に比例している。このことから格子間隔を変えた2ケースの解析を実施すれば、目標とする水圧あるいは沈下を達成するにはどの程度の格子間隔にすれば良いかが推定できると予想される。また、今回は有効応力解析を行ったが、全応力解析による最大せん断応力に対して同様の整理を行うことでも、最適格子間隔を決定する目安にできる。

4. まとめ 格子状地盤改良は壁体仕様や格子間隔が設計値となるが、壁体内部は原地盤のままなので、液状化抑制効果を原位置試験や室内土質試験等により簡易に評価することが難しい。したがって、より経済的な設計を行うには数値解析等により効果を予測し、効率的な改良仕様を推定する必要がある。今回のケースでは格子間隔と液状化層厚の比が0.4から1.0の範囲において、過剰間隙水圧や地表面沈下の抑制効果としてほぼ線形な関係であることが示された。今後はモデルの精度向上とともに解析例を増やし、設計に有用なデータの蓄積を行う予定である。

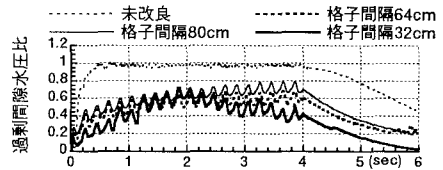


図-4 実験モデル解析結果(過剰間隙水圧比)

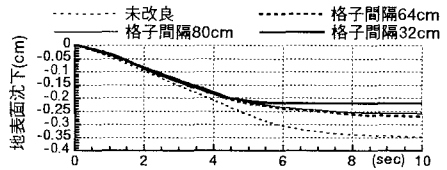


図-5 実験モデル解析結果(地表面沈下)

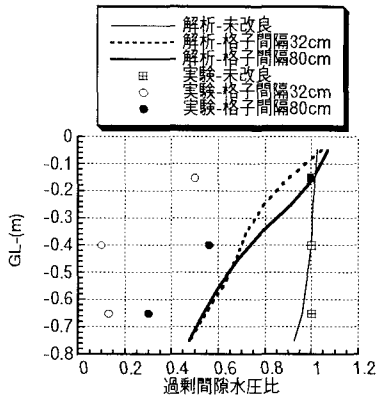


図-6 実験および解析における過剰間隙水圧比分布

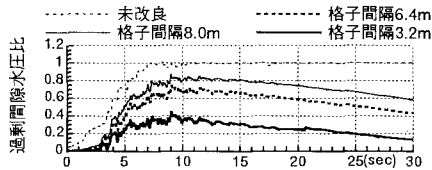


図-7 実地盤モデル解析結果(過剰間隙水圧比)

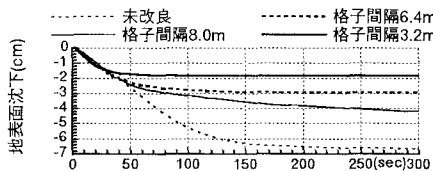


図-8 実地盤モデル解析結果(地表面沈下)

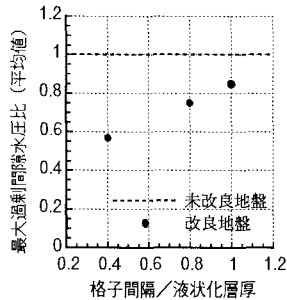


図-9 格子間隔と過剰間隙水圧比の関係

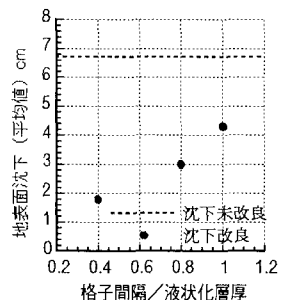


図-10 格子間隔と地表面沈下の関係

参考文献 1) 佐藤他：格子状地盤改良における格子寸法と液状化防止効果の考察, 土木学会第53回年次学術講演概要集, 1998. 2) 伊藤：動的有効応力解析プログラム「EFFECT」(その1) —基礎理論と構成モデル—, 大林組技術研究所報, No.51, 1995. 3) 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 4) 江尻他：ポンドラインド鉛直ル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.