

水平盤状改良体を持つ地盤改良工法の液状化防止効果に関する解析的研究

芝浦工業大学 (正)○ 足立 格一郎 (学) 綿引 泰治 (学) 阿部 直樹 (現(株)パスコ)
小野田ケミコ(株) (正)鈴木 孝一 (正)西尾 経

1. はじめに

深層混合処理による固結工法を用いた杭式改良と一体化をなす中間盤あるいは複数の水平盤状の固化盤改良を組み合わせた地盤改良方法において、緩い砂地盤の液状化防止効果に関して動的解析を行った。

本研究では FEM を利用した構造物・地盤連成地震応答解析プログラム ‘DINAS’ (CRC 総研) を用いることにより軟弱砂地盤の地震時挙動特性を解析する。また軟弱砂地盤中に改良体を施工し、その改良体を含む地盤の地震時挙動特性を解析し結果を対比・検討することを目的とした。

2. 解析モデル

図-1 を解析対象モデルとしている。ただし図-1 は横幅 136m の解析モデル中央部の拡大図である。解析対象モデルの条件は以下の 5 つである。

改良体なし

改良杭 + 上部水平盤 (杭八本・杭十六本)

改良杭 + 上部水平盤 + 中間盤 (杭八本・杭十六本)

なお、深度 5~6m に施工される厚さ 1m の水平盤状改良体を「中間盤」と呼ぶ。それぞれ節点数 3479、要素数 3187 の二次元平面ひずみの FEM モデルとなっている。なお、モデルの上面は自由境界、底面は固定境界、側面は粘性境界である。

3. 入力地震波

入力地震波は、兵庫県南部地震において神戸ポートアイランドの地下 32.0m で観測された地震波の最大加速度 462gal を 300gal に修正し、20 秒間の解析を実施した(最大地震波加速度 300gal : t=5.01sec)。この地震波波形を図-2 に示す。

4. 解析手法

全応力解析では修正 R-O モデルによる非線形解析、有効応力解析では修正 R-O モデルとおわんモデルを併用した圧密非排水条件における非線形解析を行う。動的解析は Newmark-β 法を用いた直接積分法で行い、積分間隔は 0.002 秒に設定している。解析の流れを図-3 に示した。

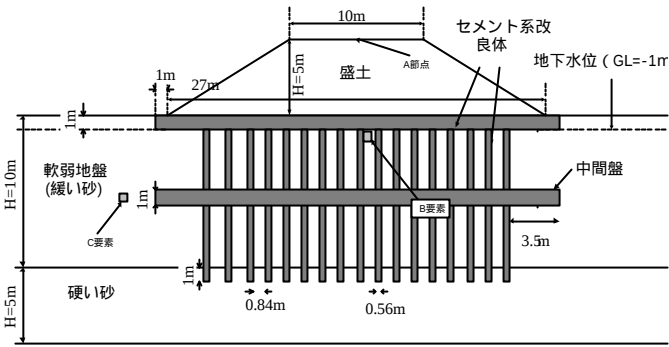


図-1 解析モデル

表-1 入力物性値

	ポアソン比 ν	初期せん断弾性係数 G_0 (tf/m ²)	単位体積重量 γ (tf/m ³)
盛土	0.3	1830	1.8
軟弱地盤地下水位以上	0.333		1.8
軟弱地盤地下水位以下	0.333	1170	1.8
硬い砂	0.49	7340	1.8
改良体	0.49	50000	1.8

層中央深度の値を代表値として示したが、各要素毎に σ'_m に対応した G_0 を設定した。

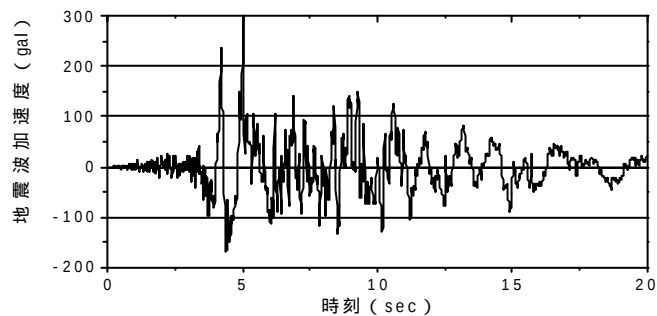


図-2 入力地震波 (NS 成分)

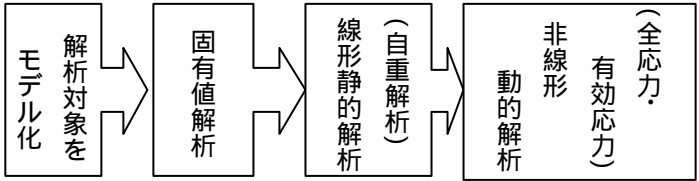


図-3 解析フロー

キーワード：水平盤状改良体、FEM 解析、非線形有効応力解析、液状化、動的解析、DINAS
連絡先：郵便番号 108 - 8548 東京都港区芝浦 3 - 9 - 14 芝浦工業大学土木工学科地盤工学研究室
TEL 03 - 5476 - 3048 FAX 03 - 3476 - 3166

5. 解析結果・考察

以下に有効応力解析結果と考察を示す。各節点および要素の位置は図-1 に示すとおりとした。

図-4 は A 節点の X 方向変位の時刻歴図である（注：変位は盛土頂上部が最も大きい）。図-4 を見ると改良体なしが最も大きい変位を示し、ついで杭八本、杭十六本、杭八本中間盤あり、杭十六本中間盤ありという順に小さくなることから杭と中間盤の組合わせが地盤及び盛土の変位にもたらす効果が非常に大きいことが分かる。また、地震波加速度の最大値と変位の最大値が表れる時刻がほぼ同じであることがわかる。13 秒以降は一度落ち着いた変位がまた大きくなるが、これは地盤が液状化したためと考えられる（図-6 参照）。

図-5 は B 要素のせん断ひずみの時刻歴図である。改良体なしでは地震波加速度の最大値以降ひずみが 3% 以上を示す結果を示し、液状化を起している可能性が考えられる。改良体を入れることにより、ひずみは 1% 以下に落ち着き安定していることが分かる。ここでは示していないがせん断ひずみ最大値分布図でも改良体による効果があらわれており、特に中間盤のあるモデルではひずみの大きいゾーンが非常に少なくなっている。

図-6 は C 要素の過剰間隙水圧比（過剰間隙水圧 / 初期の平均有効応力）の時刻歴図である。中間盤のないモデルでは過剰間隙水圧比が 1 に近づき液状化が進行していることが分かる。杭間の軟弱地盤の時刻歴図でも改良面積の小さいモデルほど過剰間隙水圧比が 1 に近づいていた。過剰間隙水圧比の最大値分布図では改良面積が大きいほど過剰間隙水圧の発生しているゾーンが少ないことが分かる。C 要素の有効応力経路図を見ても、改良体なしと中間盤ありでは、過剰間隙水圧の発生程度に大きな差のあることが示されており、中間盤の効果があることがわかる。

6. まとめ

改良体なしと改良体がある場合のすべての解析結果から改良体の効果が高いことが明確になった。特に有効応力解析においては最大値分布図を見て分かるように杭を増やすよりも中間盤を入れたモデルのほうが液状化を抑制していることから中間盤による液状化防止効果は高いものといえる。

全応力解析では物性が変化しないものとした解析により求められた動的応力比で液状化判定を行うが、有効応力解析結果の過剰間隙水圧を見ると、杭があるモデルでも地盤が液状化していることから、液状化を起こす可能性の大きい地盤と液状化しない杭とが複合した地盤では、両者の効果を適切に反映する有効応力解析が重要であるといえる。今後の課題として、DINAS では地盤の動的挙動を微小変形理論で扱っているため、液状化を起こした地盤が地震終了後にどのような巨視的変形を示すかを別のプログラムで解析すること、3 次元での解析を行うことなどがあげられる。

【参考文献】株式会社 CRC 総合研究所：「DINAS 使用説明書」

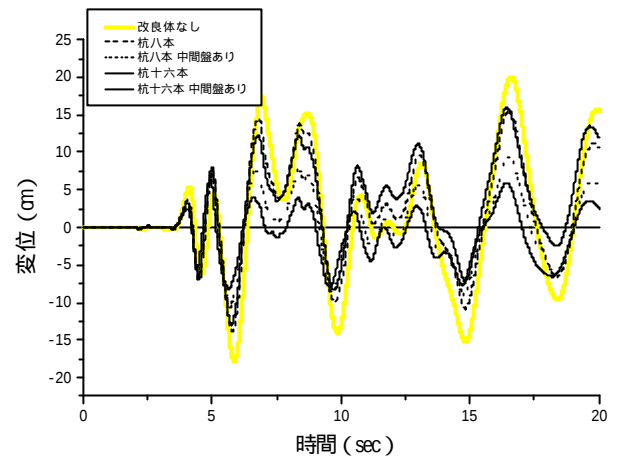


図-4 変位の時刻歴

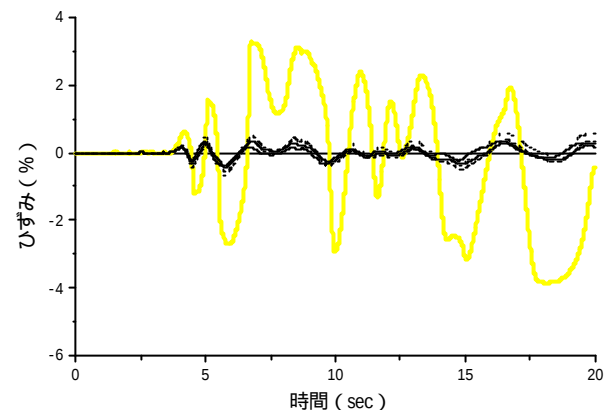


図-5 せん断ひずみの時刻歴

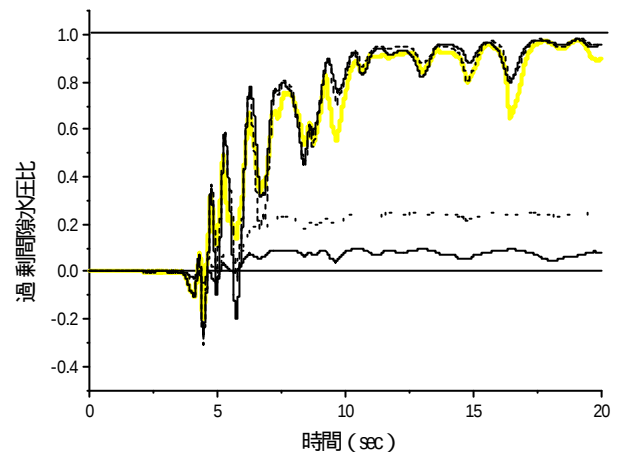


図-6 過剰間隙水圧比の時刻歴