

深層混合処理工法による改良砂質地盤の地震中液状化・地震後沈下抑止の効果

(株) 浅沼組 ○正会員 高稲敏浩

名古屋大学大学院 正会員 野田利弘、フェロー会員 浅岡顕

(株) 不動テトラ (名古屋大学大学院) 正会員 竹内秀克

1. はじめに

液状化対策工法の一つである深層混合処理工法の改良形式は、全面改良または格子式が一般的である。一方で、杭式の場合でも改良率が50%程度であれば液状化抑制効果があるとの報告¹⁾もある。そこで、SYSカムクレモデル²⁾を搭載した動的/静的水～土連成有限変形計算³⁾(平面ひずみ条件)により、壁で囲った改良体を杭式のように配置した場合の砂質地盤の地震中および地震後の挙動を調べた。

2. 計算条件

計算に用いた有限要素メッシュおよび境界条件を図-1に示す。地盤は、下層10mを密な砂、上層10mを中密な砂とし、表-1に示す材料定数を用いた。地盤材料の初期値も表-1に示すが、構造の程度、過圧密比は各層で均一とし、土かぶり厚に応じて比体積を鉛直方向に分布させた。工学的基盤面にあたる地盤下端節点には、底面粘性境界(Vs=300m/sec)を設定し、地盤両側の同じ高さにある全節点に等変位条件を課した(周期境界)。

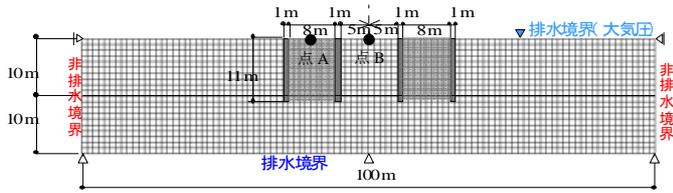


図-1 有限要素メッシュ図と境界条件

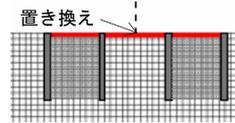


図-2 表層置換

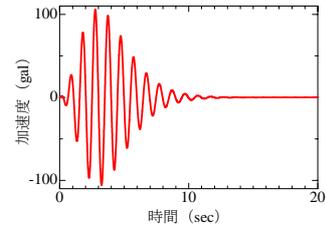


図-3 入力地震動

計算は、地盤(改良無)、深層混合処理工法による改良(ケース1)、ケース1に加えて表層50cmを密な砂で置換えた場合(ケース2)を想定した。深層混合処理工法は、改良部分の土要素の除去と同時に、2相系弾性体(表-2参照)の「瞬時」置換により再現した。図-1に示すように、改良壁は深さ11m幅1mとし、改良壁間を8m間隔で囲まれたブロック(図-1網がけ部分:以下「改良ブロック」と呼ぶ)を10m離して2ブロック設置するものとした。改良ブロックを表現するために、各ブロックの両改良壁において、同じ高さ位置する有限要素節点間に距離不変、壁頭部に角度不変の制約条件⁴⁾を課した。また、表層部の置換は表-1に示した密な砂を用いて、図-2に示す赤色部分に上記の改良と同様の方法で行った。地震動は、地盤底面の全節点に図-3に示す水平(x軸)方向に減衰振動 $x=ae^{-t}\sin(\omega t)$ (t:時間(sec)、 $a=0.02m$ 、 $\omega=6.283(1Hz)$ 、最大加速度100gal)である。地震動を与えた後、圧密が終了するまで放置した。

3. 計算結果

図-4,5に地震開始1分後の平均有効応力 p' の分布および構造の程度の分布を示す。地表面3m付近まで構造の劣化が大きく、 p' がほぼゼロとなり、液状化が生じている。改良体内および改良体間で、改良体外側に比べ p' の減少あるいは構造劣化が少ない。また図-6は、ケース1の同時刻における過剰間隙水圧分布であるが、

表-2 改良体の材料定数

弾性係数E	ポアソン比	湿潤密度 ρ_r	透水係数k
kN/m ²	ν	g/cm ³	cm/sec
2.45×10^7	0.3	1.71	1.0×10^{-9}

表-1 計算に用いた土の材料定数と初期値

層	弾塑性パラメータ					発展則パラメータ				初期値			土の密度 ρ_s (t/m ³)	透水係数 k_0 (cm/sec)	
	圧縮指数 λ	膨潤指数 κ	限界状態定数 M	正規圧密線の切片 N	ポアソン比 ν	構造低位化指数 a, b, c_s	正規圧密土化指数 m	回転硬化化指数 b_r	回転硬化化限界定数 m_b	応力比 K_0	構造の程度 I/R^*_0	異方性の程度 K_β			過圧密比 I/R_0
上層(中密砂)	0.05	0.012	1.0	1.98	0.3	2.2,1.0,1.0	0.1	3.5	0.7	0.6	4.0	0.6	5.0	2.65	1.0×10^{-7}
下層(密な砂)	0.05	0.012	1.0	1.98	0.3	2.2,1.0,1.0	0.1	3.5	0.4	0.6	1.3	0.6	40.0	2.65	1.0×10^{-3}

($N_p=98kN/m^3$ における繰返し土の等方正規圧密線上の比体積)

深層混合処理, 液状化, 有限要素法

〒569-0034 高槻市大塚町3-24-1 (株)浅沼組技術本部技術研究所 TEL. 072-661-1620

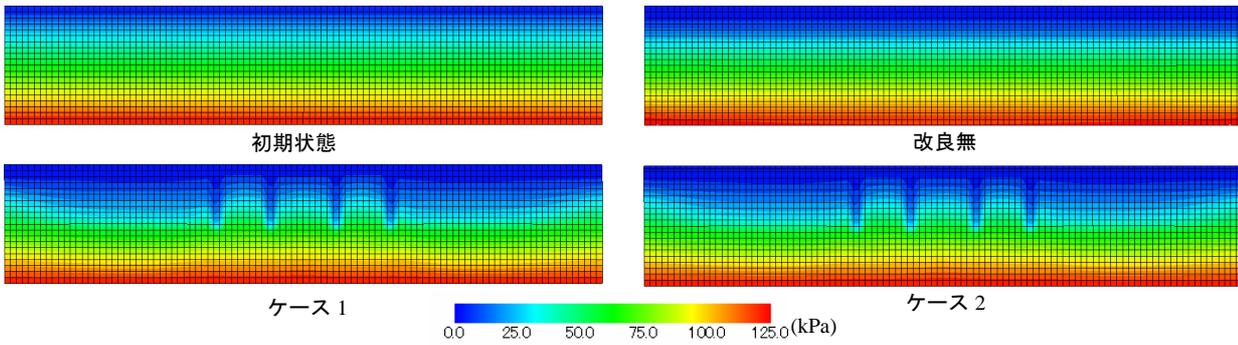


図-4 平均有効応力分布 (地震発生 1 分後)

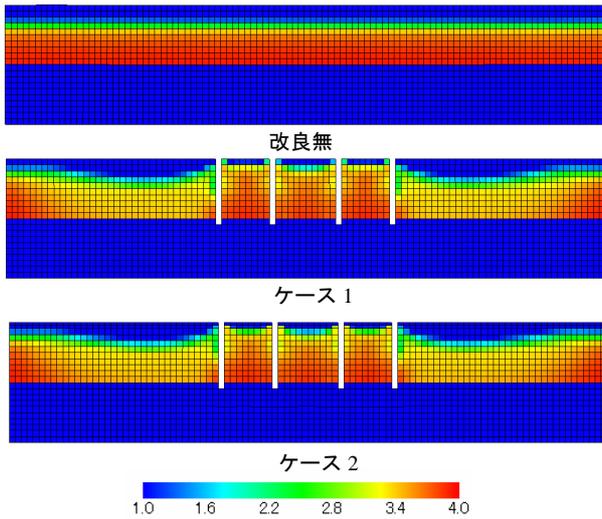


図-5 構造の程度の分布図 (1 分後)

改良ブロック内部とその改良ブロック間でも過剰間隙水圧の発生が抑えられ、液状化抑制効果を見ることができる。

図-7 に点 A,B (図-1 参照) の時間～沈下量関係を示す。いずれの地点も約 200 秒後から沈下が生じ始め、約 1000 秒後から大きく沈下する。沈下挙動は文献⁵⁾に詳しいが、地震動により生じた過剰間隙水圧の消散とともに沈下が生じる。最終沈下量は、無改良地盤が約 6cm であるのに対して、点 A はケース 1 が 1.8cm、ケース 2 が 1.6cm、点 B はケースが 2.8cm、ケース 2 が 2.3cm となっていて、また図-8 に示す圧密終了時点でのせん断ひずみ分布からも、液状化抑制効果と表層置換の効果を見ることができる。

4. おわりに

深層混合処理工法を用いて砂質地盤に囲まれた改良体を離散的に設置した場合について液状化抑制効果があることを示したが、今後、入力地震動、地盤、改良方法などの各種条件に対する系統的検討が必要である。

参考文献 1) 安田ら：杭式に配置した…，第 38 回地盤工学研究発表会概要集，1881-1882，2003。 2) Asaoka et al.: An elasto-plastic description of two distinct volume..., S&F, 42(5), pp.47-57, 2002。 3) Noda and Asaoka: All soils all states all round geo-analysis integration, International Workshop on Constitutive Modelling - Development, Implementation, Evaluation, and Application, Hong Kong, China, pp.11-27, 2007。 4) Asaoka, A. et al.: Displacement/trction..., S&F, 38(4), 173-181, 1998。 5) 野田ら：地震動による砂地盤の…，第 41 回地盤工学研究発表会概要集，1869-1870，2006。

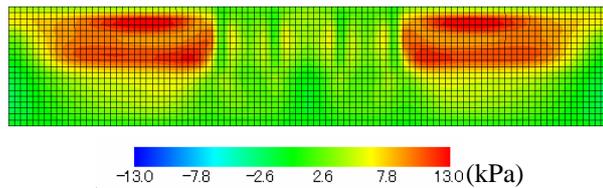


図-6 過剰間隙水圧分布 (ケース 1、1 分後)

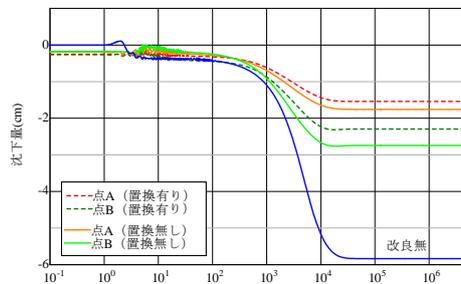


図-7 時間～地表面沈下量関係 (地震動開始を t=0)

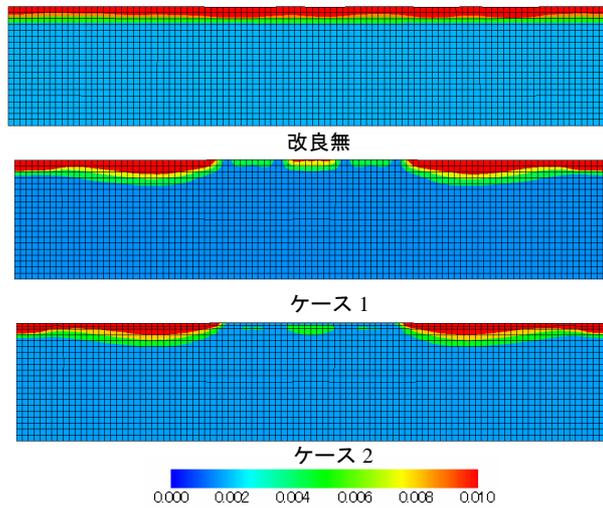


図-8 せん断ひずみの分布図 (圧密終了時)