

ソイルセメントコラムを有する複合地盤の地震応答特性に基づく均質モデル化

群馬大学大学院工学研究科 学生会員 ○萩原 吉洋

群馬大学工学部 正会員 若井 明彦

群馬大学工学部 フェロー会員 鶴飼 恵三

1. はじめに

地盤の支持力向上などを目的にソイルセメントコラム工法による地盤改良が行われる場合がある。同工法は建築基礎地盤の改良工法として広く用いられるが、建築物の耐震性評価が性能設計に移行する動向を受け、地震時挙動の適切な評価が目下の急務となっている。本研究ではソイルセメントコラムによる改良地盤の地震応答特性をもとに、これを均一地盤に置き換えて簡易にモデル化するための物性値の同定法について提案する。

2. 提案法の全体フロー

本研究の全体フローを Fig.1 に示す。より合理的な耐震設計手法は建築物-地盤系の一体解析と考えられるが、実務での便を考えると、当面は現行の耐震設計に準拠した形でソイルセメントコラム改良地盤の地震時挙動を評価する必要がある。例えばある入力地震動に対して動的弾塑性 FEM より地表面の応答時刻歴を求め、これをもとに応答スペクトルを算出できるとする。ここで無改良地盤を前提にして地盤の材料定数を種々に変化させた一連の解析結果を予め準備しておけば、改良地盤に対して得られた結果と等価な応答スペクトル特性を有する無改良地盤（すなわちその材料定数）を探すことは可能である。以上を改良幅や改良パターン、原地盤の物性、幾何学形状など異なったあらゆるケースに対して実施すると、任意の改良地盤に対応する無改良地盤の材料定数を把握できる。これらを教師データとして構築した Neural Network 等を利用すれば、煩雑な数値計算を一切行わずにこのような手続きが実現される。本報告ではこれら一連の研究のごく基礎的な部分のみを示す。今後より多くの FEM 解析を実施することで、優れた物性値同定システムが構築される。

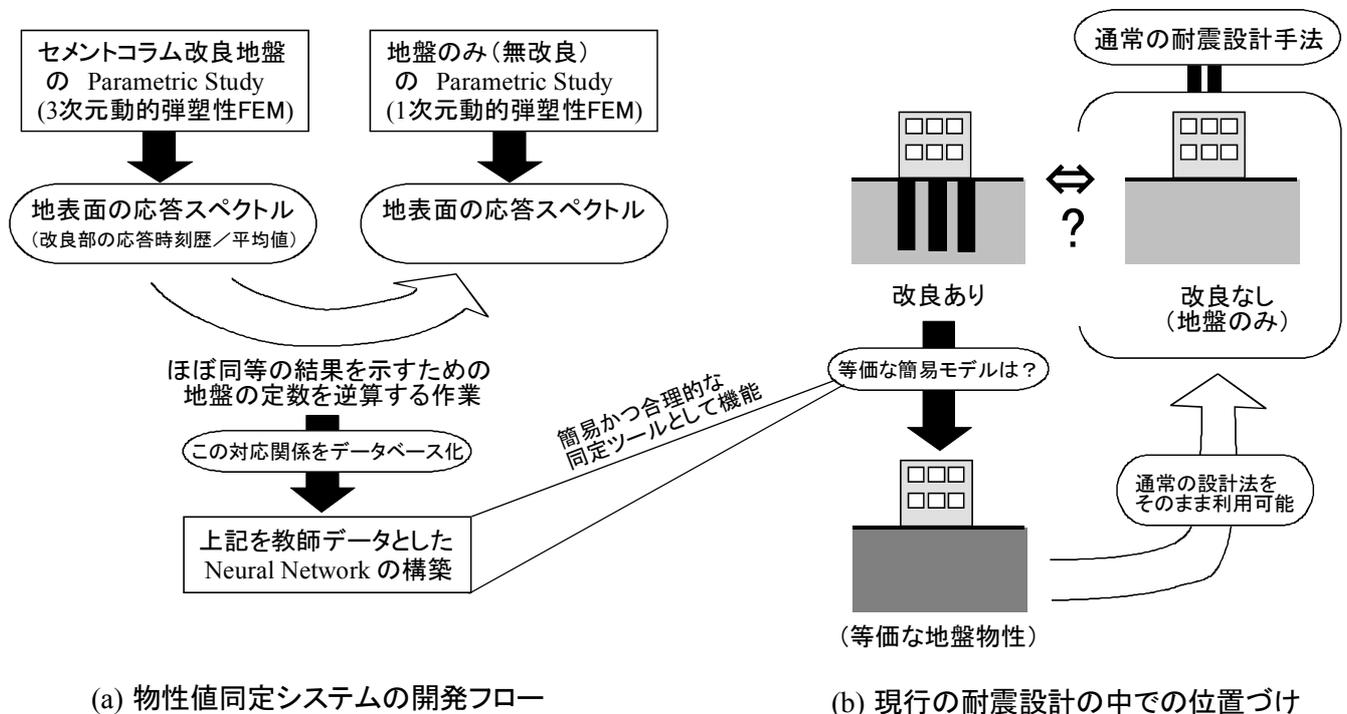


Fig.1 本研究の全体フローと工学的意義（概念図）.

キーワード 地盤改良, 耐震, 動的, 弾塑性, 逆問題

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学建設工学科 若井 明彦 wakai@ce.gunma-u.ac.jp

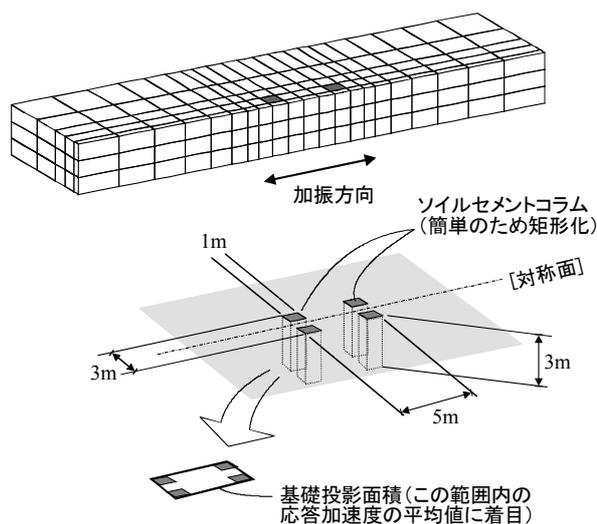


Fig.2 一例として取り上げた解析ケース.

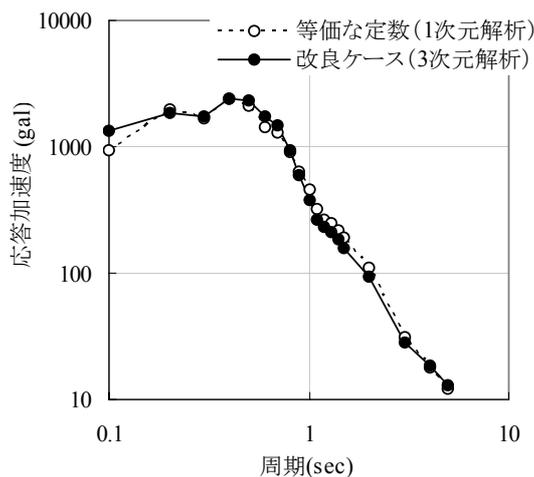


Fig.3 基礎部分の地表面応答に着目した応答スペクトル.

Table 1 地盤改良ケースの解析に用いた定数 (Rayleigh 減衰は $\alpha = 0.171$, $\beta = 0.00174$).

	E (kPa)	ν	c (kPa)	ϕ (deg)	$b \cdot \gamma_{G_0}$	n	γ (kN/m ³)
地盤	30753.6	0.49	20.0	0	1.2	2.3	16.0
改良体	307536.	0.49	200.	0	1.2	2.3	16.0

3. 地盤の材料定数の同定例

等価な地盤定数の同定例を一つ紹介する. 対象ケースの3次元FEメッシュを Fig.2 に示す. 対称性を考慮して実際の半分の領域のみを解析対象とした. 一辺 1.0m 四方の改良体 (実際には円形) が計 4 本 (メッシュでは半分の 2 本) 存在する. 各定数を Table 1 に示す. いずれも鶴飼・若井による繰返し載荷モデル (1999) を適用し, 非排水条件を仮定して全応力解析を行った. 入力地震動は兵庫県南部地震の神戸海洋気象台 NS 波形とした. 解析領域の端部には 1 次元応答解析の結果が強制変位として入力されている. 改良体の外郭をつないだ基礎投影面積 (Fig.2 に図示) に関して, 地表面位置での応答加速度の平均時刻歴を算出し, その応答スペクトルを計算したものが Fig.3 の実線である. 一方, 原地盤の定数をもとに, E と c をそれぞれ段階的に増加させた一連のケースに関する 1 次元動的弾塑性 FEM を実行した. この結果に基づき, 0.2, 0.3, 0.4 sec 各々の応答スペクトル値を入力層, 地盤の E と c を出力層とする Neural Network を構築し, 地盤改良ケースと等価な地盤定数を容易に同定できるようにした. 同定された条件 (Table 1 で $E=41305$ kPa, $c=20.6$ kPa に変更) の 1 次元応答解析結果に基づく応答スペクトルを Fig.3 の破線で示す. 両者の一致度は良好である.

今後, 原地盤と改良体の物性値および改良範囲を変化させた一連のパラメトリックスタディ (3 次元解析) を実施し, その結果を上記 Neural Network に代入して同様に等価な地盤定数の同定を行う. 次に, 同定された地盤定数を出力層, 地盤と改良体の物性値および改良範囲 (位置と大きさ) を示す諸指標を入力層とした教師データを用いて新たな Neural Network を構築すれば, Fig.1(b) のような設計支援システムが実現する.

謝辞 ソイルセメントコラム工法に関して貴重なご助言を戴いた「公団ソイルセメントコラム工法設計・施工指針」改訂委員会 (二木幹夫委員長) の方々に記して謝意を表します. また, Neural Network の教師データに弾塑性 FEM の結果を適用する発想は, 東電設計(株)の信岡卓氏と阿南健一氏ら (例えば 2003) が斜面崩壊予測に関して実施中の一連の研究の立場を参考にしたものであるため, ここに記して厚く謝意を表します.

参考文献

- 若井明彦・鶴飼恵三 (1999): 土の G - γ , h - γ 関係と Mohr-Coulomb の破壊規準を考慮した斜面の動的弾塑性応答解析, 地震時の斜面の不安定化メカニズムと設計法に関するシンポジウム論文集, 地盤工学会, pp.39-44.
 信岡卓・阿南健一他 (2003): 急傾斜地の斜面崩壊予測支援システムの開発検討, 第 38 回地盤工学研究発表会.