第Ⅲ部門

過圧密比の深度分布と地表面加速度の相関性

| 神戸大学工学部市民工学科 | 学生員 | 〇林 | 勇佑 |
|----------------|-----|----|----|
| 神戸大学大学院工学研究科 | 学生員 | 本田 | 和也 |
| 神戸大学大学院工学研究科 | 正会員 | 竹山 | 智英 |
| 神戸大学都市安全研究センター | 正会員 | 橘 | 伸也 |
| 神戸大学都市安全研究センター | 正会員 | 飯塚 | 敦 |

2. 解析手法

過圧密比の深度分布と地表面における加速度との関 係を検討するため,様々な過圧密比の深度分布を仮定し た仮想的な地盤モデルを用いて,仮想地盤モデルの底部 に地震波を入力し、土/水連成有限要素プログラム DACSAR-I¹⁾を用いて地震応答解析を行った.仮想地盤 は 1m×1m の要素を 20 要素用いた深さ 20m, 幅 1m の 柱状のモデルとした.計算に使用した構成モデルは,EC モデル 2)を基本として、拡張下負荷面モデル 3)4),回転 硬化モデル³⁾⁴⁾、せん断による硬化/軟化モデル⁵⁾を組み 合わせたモデルである. EC モデルに必要なパラメータ は、宮田のによって提案された主にN値から各種パラメ ータを推定する手法を用いた.N値は全深度で10とし, 単位体積重量と透水係数は東京都による液状化予測に 関する報告書 "を参考にした. 設定したパラメータを表 1に示す.限界応力比,非可逆比,ダイレタンシー係数, 圧縮指数,先行時間隙比は表1に記載していないが、こ れらは鉛直有効応力に依存し,深度によって数値が異な るためである.また,過圧密比の深度分布は式(1)により 与えた.

$$OCR = \exp(-az - b) + 1 \tag{1}$$

ここに、OCR は過圧密比であり、z は地表面を原点とす

表1 設定した地盤パラメータ

| 湿潤単位体積重量 (kN/m³) | γ_t | 19.0 |
|------------------|------------|----------------------|
| ダイレタンシー応答パラメータ | n_E | 1.2 |
| 透水係数 (m/s) | k | 1.0×10^{-4} |
| 下負荷面モデルのパラメータ | т | 0.1 |
| | С | 30.0 |
| 同転硬化エデルのパラマータ | b_r | 1.0 |
| | M_r | 0.5 |
| せん断硬化/軟化モデルの | μ | 2.0 |
| パラメータ | M_d | 0.8 |

1. 序論

地盤の地震応答解析を行う際には,その地盤の材料物 性, 幾何的形状などが与えられたモデルが必要となる. そのような解析を広域に行おうとすると、ボーリング調 査などの限られた情報から地盤モデルを構築する必要 がある.ボーリング調査からは、土質区分や標準貫入試 験による N 値などの情報が主に得られるが、時間的経 済的なコストの問題から, 圧密試験や三軸試験等の室内 試験が実施されることは少ない. そのため N 値等の限 られた情報から解析に必要な材料物性値を推定するた めの経験式が提案されており、地盤モデルの作成にあた って利用されることが多い. N 値は現在の地盤の強度や 剛性とは相関性があると考えられるが,応力履歴を表す 過圧密比と相関性があるとは考えにくく,圧密試験結果 がない地点での過圧密比を合理的に推定する手法が必 要である.本研究では,過圧密比を推定する手法として ニューラルネットワーク(以下,NN)を用いた機械学 習を候補としている.NNの概念図を図1に示す.過圧 密比の深度分布を NN の出力層から得ようとしたとき, 過圧密比の深度分布と相関性のあるデータを入力とし なければ,損失関数が発散してしまい,学習をうまく行 うことができず、結果として過圧密比を推定するための NNを構築することができない. そこで本研究では, NN の入力として地表面加速度が適切であるかを検討する ことを目的とした.



Yusuke HAYASHI, Kazuya HONDA, Tomohide TAKEYAMA, Shinya TACHIBANA, Atsushi IIZUKA 1714259t@stu.kobe-u.ac.jp



る深度(m)を表す.式(1)中のパラメータ a, b を変化させ ることで様々な過圧密比の深度分布を与えた.モデル底 部に図2に示すような地震波を与えた.また,初期鉛直 有効応力は各要素の中央での土被り圧とし,地表面には 排水条件,地表面以外には非排水条件を課し,両側面に は周期境界条件を設定した.

3. 解析結果

過圧密比の深度分布を変化させるパラメータ a, b は 偏りがないように, a は 0.025 ずつ 0.0 から 0.5 まで変化 させて 20 通りの数値を設定し, b は-0.2 ずつ 0.0 から-4.0 まで変化させて 20 通りの数値を設定し, a と b の組 み合わせにより 400 通りの過圧密比の深度分布を設定 した.また,計算された地表面における加速度のデータ をより扱いやすくするためにフーリエ変換を行った.パ ラメータ a, b と卓越周期におけるフーリエ振幅との関 係を図 3 に示す.結果として,卓越周期でのフーリエ振 幅は面を形成した.したがって,過圧密比の深度分布と 地表面での加速度から得られる卓越周期でのフーリエ 振幅との間には相関があると考えられる.面の形状の特



卓越周期におけるフーリエ振幅

徴として,尾根のようなものが確認できた.これは,地 盤の固有周期が入力した地震波の卓越周期と一致して いるためであると考えられる.

4. 結論

地表面における加速度の卓越周期のフーリエ振幅と 過圧密比の深度分布には相関があることがわかった.し たがって,NNの入力として地表面における加速度を出 力として過圧密比の深度分布を設定して教師データを 用意することによって,機械学習によって過圧密比の深 度分布を推定するNNを構築できる可能性がある.

本研究では、N値が深さ方向に一定の均質な仮想地盤 を用いたが、不均質な地盤の場合や今回入力した地震波 以外の場合についても機械学習が可能かを検討する必 要がある.

謝辞:

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C) JP20K04682 の助成を受けたものである.ここに謝意を表す.

参考文献:

1) Takeyama, T., Tachibana, S., Furukawa, A. : A finite element method to describe the cyclic behavior of saturated soil, International Journal of Material Science and Engineering, Vol.2, No.1, pp.20-25, 2015.

大野進太郎,飯塚敦,太田秀樹: 非線形コントラクタンシー表現式を用いた土の弾塑性構成モデル,応用力学論文集, Vol.9, pp.407-414, 2006.

3) Hashiguchi, K. : Constitutive equations of elastoplastic materials with elastic-plastic transition, Journal of Applied Mechanics ASME, Vol.47, No.2, pp.266-272, 1980.

 Hashiguchi, K. : Subloading surface model in unconvensional plasticity, International Journal of Solids and Structures, Vol.25, No.8, pp.917-945, 1989.

5) Hashiguchi, K., Chen, Z.P. : Elastoplastic constitutive equation of soils with the subloading surface and rotational hardening, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.22, No.3, pp.197-227, 1998.

 宮田智博: Deformation and statibility of Sandy soil during excavation work,東京工業大学修士論文,2001.

7) 東京都建設局・港湾局:東京都の液状化予測 平成 24 年度改訂版, 2013.