

深層学習を応用した橋梁の基礎-地盤間の相互作用のモデル化に関する基礎的検討

山梨大学 学生会員 ○平本 風輔, 正会員 吉田 純司

1. はじめに

2013 年, 東北地方太平洋沖地震や今後起こるとされている南海トラフ地震などの影響で, 構造物を対象として耐震や免震などの地震対策が行われている。また, 日本では埋め立て地などの比較的軟弱な地盤上に都市が発展してきた。このような地盤上に建てられた構造物は地盤に対して相対的に硬いため, 構造物と地盤間の相互作用の影響を強く受ける。そのため構造物の基礎への入力地震動の変化は構造物全体への応答に大きく影響する¹⁾。以上のことより, 構造物の耐震性を正確に評価するためには基礎-地盤間の相互作用の影響を適切に考慮する必要がある。

そこで本研究では, 有限要素法を用いて基礎-地盤間の静的な相互作用をモデル化し, 深層学習を用いて地盤ばねの同定するための基礎的検討を行うことを目的とする。

2. 基礎と地盤の有限要素法によるモデル化

本研究では基礎の対象は, ケーソン基礎とし, 地盤および基礎のモデル化を行うにあたって様々な仮定を用いた。以下に用いた仮定を示す。

- ・上部の構造物を考慮しない。
- ・地盤を均一な線形弾性体と仮定する。
- ・2次元の静的問題に限定する。
- ・地下水は考慮しない。
- ・地盤領域は十分に広い矩形型を想定する。

これらの仮定を用いて図-1 のような地盤に埋められたケーソン基礎を有限要素法 (: FEM)²⁾ によりモデル化しケーソン基礎に水平, 鉛直, 回転の3方向の強制変位を与えた場合の反力を算出し, 地盤ばねを求める。図-2 に水平, 鉛直, 回転の3つのばねを用いて基礎-地盤間のモデル化したイメージ図を示す。

3. ケーソン基礎に与える強制変位の検討

ケーソン基礎への強制変位の与え方として, 2つの方法について検討をした。1つ目の方法として図-3 に示すようにケーソン基礎の水平方向の中心線に一樣に与える場合。2つ目の方法は図-4 に示すようにケーソン基礎の水平, 鉛直方向それぞれの中心線の両端のみに与える場合を考えた。2つの強制変位の与え方における, ケーソン基礎の幅を増やした時の各地盤ばねをプロットしたグラフを図-5 に示す。図-5 より, 2つの強制変位の与え方による違いはほぼ無いことがわかる。そのため強制変位を与える点が少ない2つ目の方法を採用した。

4. 回帰問題のニューラルネットワークの概要

本研究では, FEM によるモデル化で必要となる8つの変数を与えたときの3つの地盤ばねを予測するニューラルネットワーク (: NN)³⁾ を構築し, 地盤ばねを予測する。

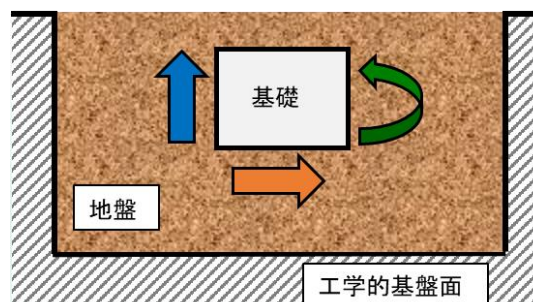


図-1 地盤に埋められたケーソン基礎に3方向の強制変位を与える

本研究で用いた NN の学習データとして, 入力データは図-6 での赤文字である基礎と地盤に関わる8つの変数とし, 各3~4 ケースの数値を設定した。学習用の出力データは入力データの各ケースにおいて FEM によって算出される水平, 鉛直, 回転の3つの地盤ばねとした。これらの入出力データは図-7 で示すテキストファイルで用意した。また, 構築した NN は層数等を検討し, 一番良い精度を得た図-8 に示す構造とした。構築したシステムの予測精度を可視化するために, 入力変数1つのみを変化させたときの地盤ばねを FEM および構築した NN により算出した。それらを比較したものを図-9 図-10 に示す。図-9 図-10 より, 構築した NN による地盤ばねは FEM による地盤ばねと同様の値を示しており精度良く予測が可能であることがわかる。その他の鉛直, 回転地盤ばねも同様の結果となり, 全体の予測精度誤差として2.1%得ることができた。

5. まとめ

本研究では, 深層学習を応用した構造物の基礎-地盤間の相互作用のモデル化に関する基礎的検討を行った。以下に本研究で得られた成果を示す。

- ・地盤と基礎の静的な相互作用を有限要素法により, 地盤と基礎をモデル化し, 基礎が地盤から受ける力のばね定数を算出した。
- ・地盤と基礎の力学的条件, 幾何学的条件からばね定数を予測するニューラルネットワークを構築し, 誤差2.1%で予測可能であることが分かった。

本研究では, 2章で述べた様々な近似を用いた。今後は, より現実に近い条件での解析に拡張していく予定である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計, 日本建築学会, 2006。
- 2) 竹内則雄, 檜山和男, 寺田賢二郎：計算力学, 森北出版, 2012。
- 3) 斎藤康毅：ゼロから作る Deep Learning—Python で学ぶディープラーニングの理論と実装, オライリー・ジャパン, 2016。

キーワード：地盤ばね, 構造物の基礎, 深層学習, 有限要素法, 静的な相互作用

〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11, TEL: 055-220-8521, e-mail: jyoshida@yamanashi.ac.jp

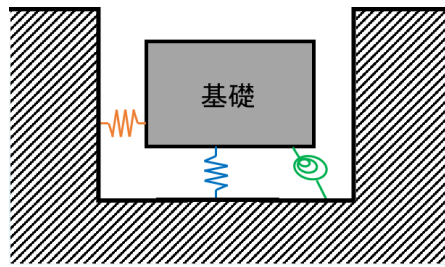


図-2 水平、鉛直、回転の3つのばねを用いた基礎-地盤間のモデル化

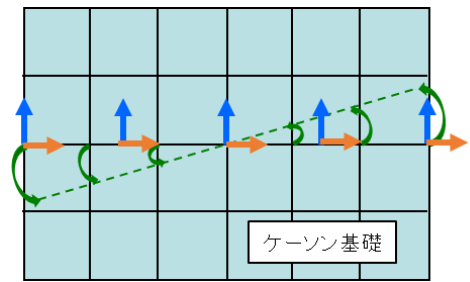


図-3 基礎の水平方向の中心線に変位を与えた場合

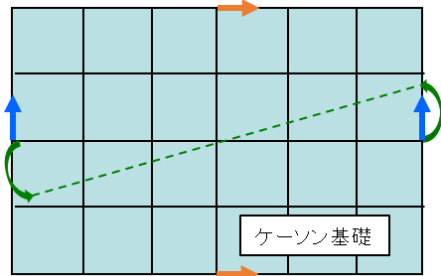


図-4 基礎の水平、鉛直方向それぞれの中心線の両端のみに変位を与えた場合

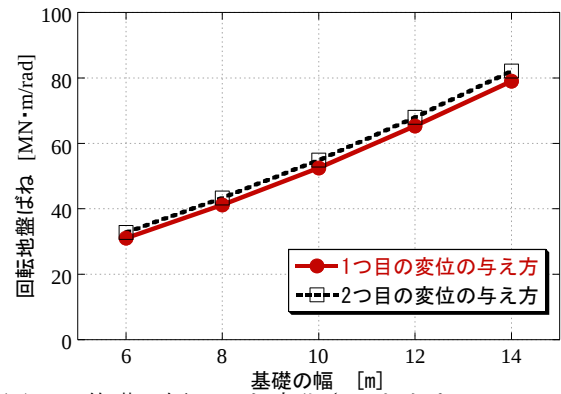


図-5 基礎の幅のみを変化させたときの強制変位の与え方の違いによる回転地盤ばね

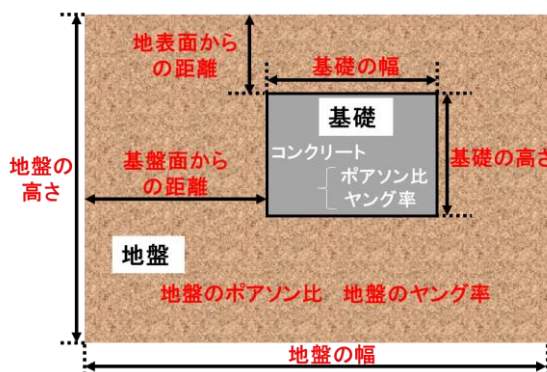


図-6 深層学習に用いる入力データの変数の設定(白文字は固定の値)

入力データ			
パターン数	基礎の幅	基礎の高さ	地盤の幅
①	2	1	60
②	2	1	110
③	2	1	160
...	...	...	...

出力データ			
パターン数	水平ばね	鉛直ばね	回転ばね
①	0.541	0.416	4.23
②	0.537	0.387	4.03
③	0.536	0.385	3.98
...	...	...	...

図-7 入出力データのテキストファイル



図-8 構築したNNの構造

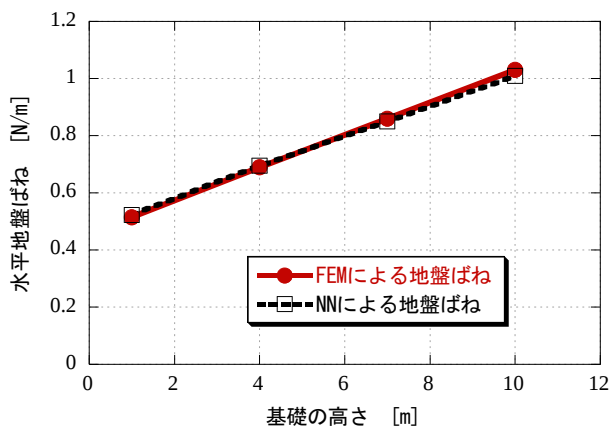


図-9 基礎の高さのみを変化させたときのFEMとNNによる地盤ばねの結果の比較

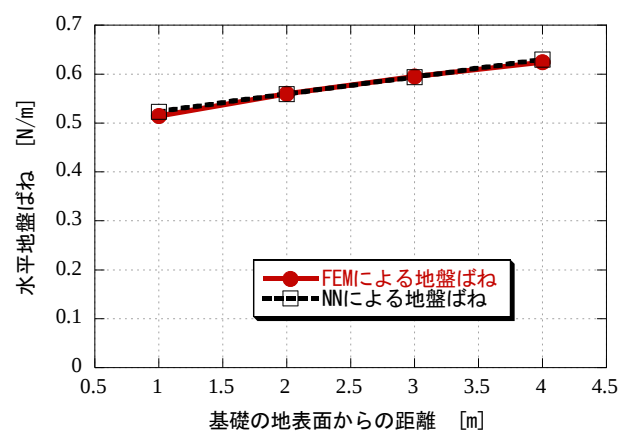


図-10 基礎の地表面からの距離のみを変化させたときのFEMとNNによる地盤ばねの結果の比較