

ニューラルネットワークを活用した 構造物の応答推定に関する一考察

九州大学 学生会員 ○明渡 貴史 九州大学大学院 正会員 松田 泰治
九州大学大学院 学生会員 坂座真 翼 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀

1. はじめに

一般に、新材料の履歴復元力特性のモデル化は、実験で得られた荷重-変位関係から、その新材料の特徴をとらえた最適なモデルを選択し、パラメータを調整することで行われる。しかし、新材料の特徴をとらえた最適なモデルが複雑となる場合や、実挙動をうまく再現できないことがある。一方、ニューラルネットワークは学習能力が高いため、実験で得られた複雑な荷重-変位関係を非線形動的解析に活用できる可能性がある。本研究では、ニューラルネットワークによるモデル化の有効性を示すため、数学モデルの履歴曲線が再現可能かを確認する。また、非線形モデルの定式化を行わずに、学習させたニューラルネットワークによりモデル化を行い、非線形動的応答解析を行う手法を検討する。

2. ニューラルネットワークの構築

ニューラルネットワークとは人間の脳神経細胞網

を工学的に模擬するもので、学習能力と自己組織化能力を有する情報処理システムである。図-1のようにモデル化した人間の神経細胞を複数結合させることによりネットワークを構成する。各ノードでは前層からの入力値と結合荷重の積の総和にバイアスを加えた x を求め、活性化関数(f)を通して出力する。また、種々の入力データの組に対して、ネットワークから出力される出力値と正解値との差が最小となるように、ノード間の結合荷重 W を修正する過程が学習と呼ばれる。本研究で用いたニューラルネットワークは、入力情報として、最大経験変位・荷重、最小経験変位・荷重、最新折り返し点の変位・荷重、1ステップ前の変位増分・荷重増分及び現在の変位の11項目を選択し、現在の接線剛性を出力するネットワーク構造とした。中間層数は2~9層とし、1層あたりの中間ノード数は10個とした。

3. ニューラルネットワークの学習

履歴復元力特性が R-O モデルに従う 1 質点系モデル

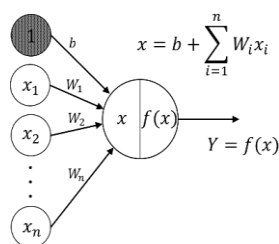


図-1 ニューロンモデル

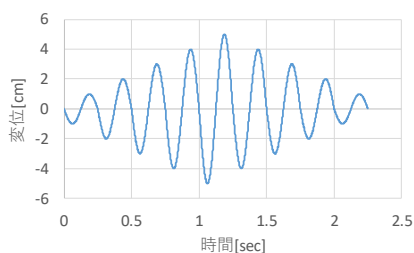


図-2 漸増漸減正弦波

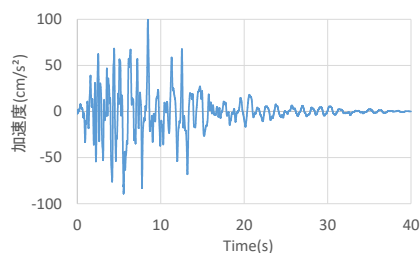


図-3 II-II-1 設計地震動

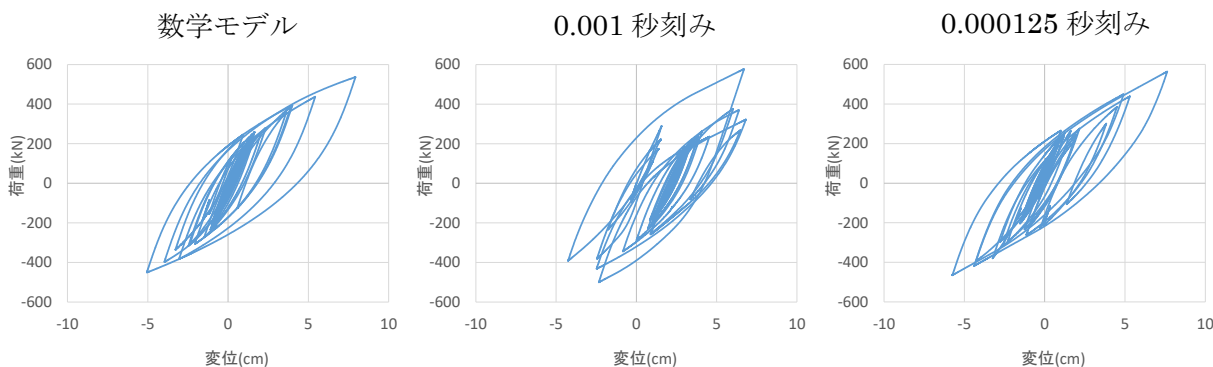


図-4 II-II-1 設計地震動による荷重-変位関係

に, 強制変位として周期が 0.25 秒の漸増漸減正弦波(図-2)を作用させた場合の応答履歴から教師データを作成し, これを用いてニューラルネットワークの学習を行った. 強制変位を作用させる際, 漸増漸減正弦波を 0.001 秒刻み, 0.0005 秒刻み, 0.00025 秒刻み, 0.000125 秒刻みで作用させ, 教師データの細分化によって, 推定精度の向上が確認できるのか検証した. 学習回数は 100 万回とし, それぞれの教師データに対して最適な中間層の層数を試行錯誤的に求めた.

4. 非線形動的解析への適用

学習を経たニューラルネットワークの地震応答解析の数値計算サブルーチンへの適用について検討を行った. 数漸増漸減正弦波を 0.001 秒刻み, 0.000125 秒刻みで作用させ作成した教師データを, それぞれ学習させたニューラルネットワークによる, 1 質点系モデルに対して振幅調整した level2-type2-1 設計地震動(図-3)を 40 秒間作用させた場合の数学モデルと, ディープラーニングによる荷重-変位関係を図-4 に, 応答推定結果と, 正解である定式化に基づく履歴モデルによる解析結果の時刻歴比較を図-5,6 に示す. また, 推定値の正

解との差の絶対値を誤差とし, 図-7,8 に示す. 0.001 秒刻みの場合は中間層数が 4 層, 0.000125 秒刻みの場合は中間層数が 3 層のニューラルネットワークを用いるのが最適であった.

5. まとめ

教師データの時間刻みを小さくしてデータを細分化することにより, 既往の研究と比べても明らかに推定精度の改善が見られた. 比較的簡単な履歴曲線を学習させたネットワークを数値演算サブルーチンとして地震応答解析に用いた場合でも, 複雑な実地震動の応答をより高い精度で表現可能であることを確認した.

参考文献

- 1) 斉藤康毅: ゼロから作る Deep Learning, 2016.
- 2) 山本広: ニューラルネットワークによる履歴挙動のモデリングと数値解析への応用, 構造工学論文 Vol.38A, pp85-94, 1992. 3
- 3) 矢葺亘, 柁山義規, 松田泰治: ニューラルネットワークの動適非線形問題への適用に関する研究, 構造工学論文集 Vol.42A, pp635-644, 1996. 3

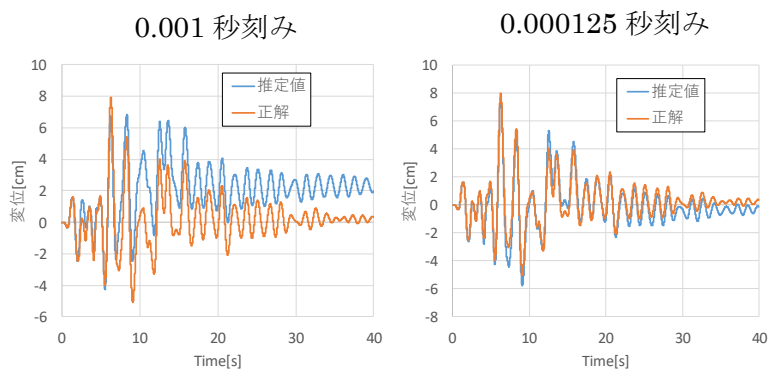


図-5 変位時刻歴応答

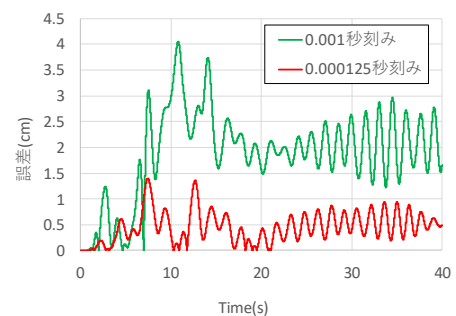


図-7 変位の推定値の誤差

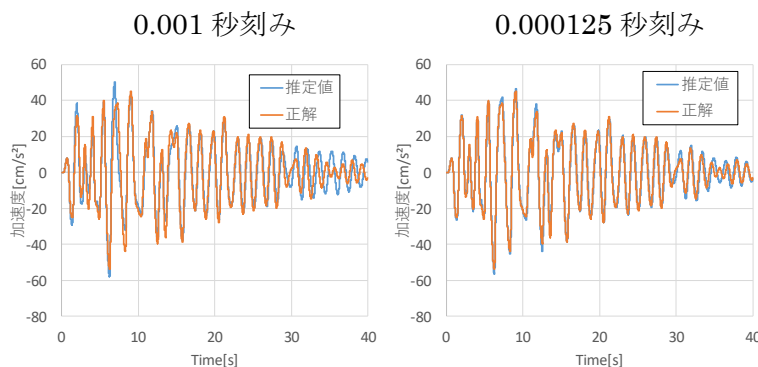


図-6 加速度時刻歴応答

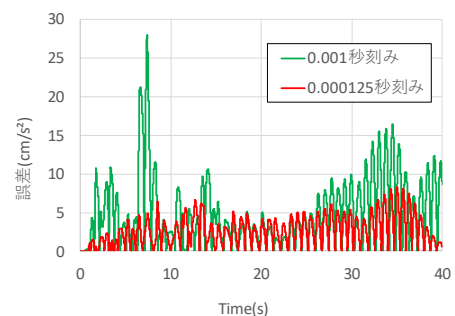


図-8 加速度の推定値の誤差