

ニューラルネットワークによる履歴曲線のモデル化 及び非線形動的解析への適用

九州大学大学院 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、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。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 を修正する過程を繰り返すことで、ニューラルネットワークが問題解決能力を持つようになる。本

研究で用いたニューラルネットワークへの入出力要因は、既往の研究を参考に定めた。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項目を入力し、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-0 モデル、バイリニアモデル、武田モデルに従う 1 質点系モデルに、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 (ケース 1 とする)。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。1 質点系モデルに対して振幅調整を行った II-II-1 設計地震動 (図-3) を 40 秒間作用させた場合のニューラルネットワークによる応答推定結果と、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-4 に示す。R-0 モデルは、変位の振幅や位相の時刻歴がほぼ一致しているが、バイリニアモデル、武田モデルは変位の振幅に大きな誤差が生じている。

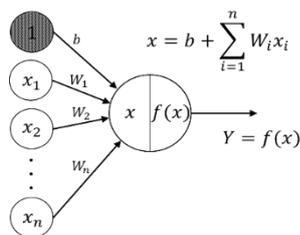


図-1 ニューロンモデル

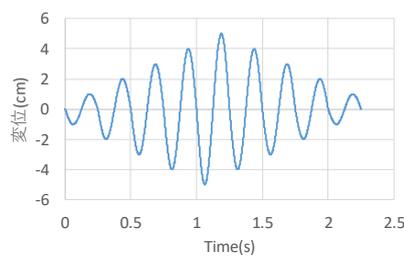


図-2 漸増漸減正弦波

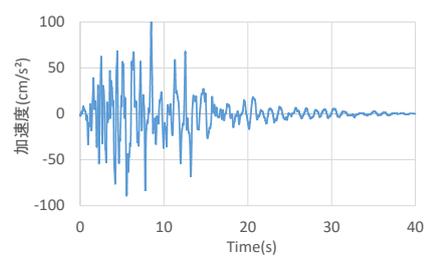


図-3 II-II-1 設計地震動

キーワード ニューラルネットワーク, 地震応答解析

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 T E L 092-802-3374

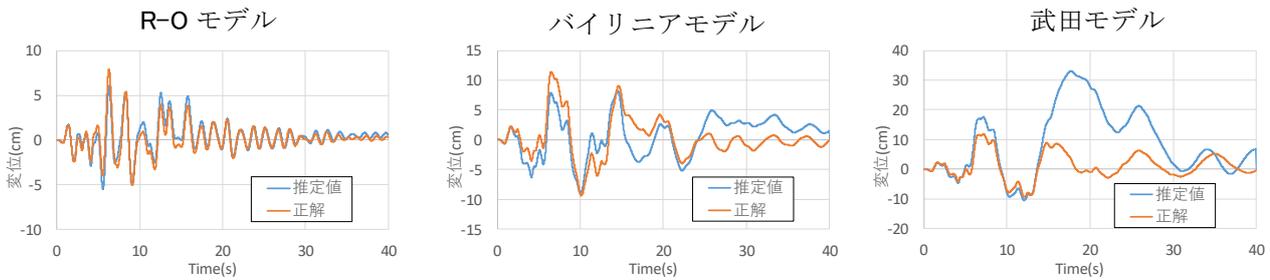


図-4 変位時刻歴応答(ケース 1)

5. 学習精度の向上

図-5 の波形は、図-2 の漸増漸減正弦波に周期と振幅の小さい波を足し合わせ作成したものである。それぞれのモデルに従う 1 質点系モデルに、この波を強制変位として作用させ教師データを作成し、ニューラルネットワークに学習させることで学習精度の向上を図った(ケース 2 とする)。中間層数は各モデルに最適なものを試行錯誤的に求めた。動的解析を行った結果の変位時刻歴応答を図-6 に示す。また、推定値の正解との差の絶対値を誤差とし、ケース 1、2 のそれぞれの誤差の比較を図-7 に示す。すべてのモデルについて、誤差が小さくなっていることが確認できる。

6. まとめ

Romberg-Osgood モデル、バイリニアモデル、武田モデル 3 つの復元力特性を対象に、変位-荷重関係により学習を行い、非線形動的解析を行った結果、高い精度で変位時刻歴応答を推定できることを確認した。これらの結果より、学習後の多層ニューラルネットワークの非線形動的解析における数値演算サブルーチンとして

の適用可能性を示した。

参考文献

- 1) 齊藤康毅: 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, 椋山義規, 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

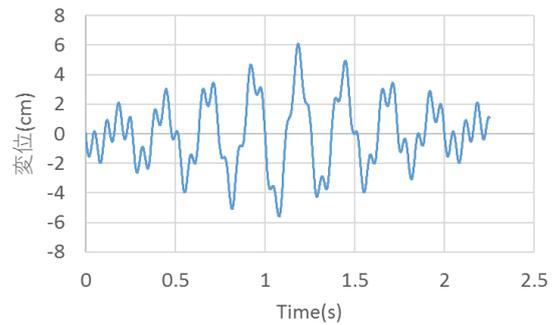


図-5 ケース 2 の波形

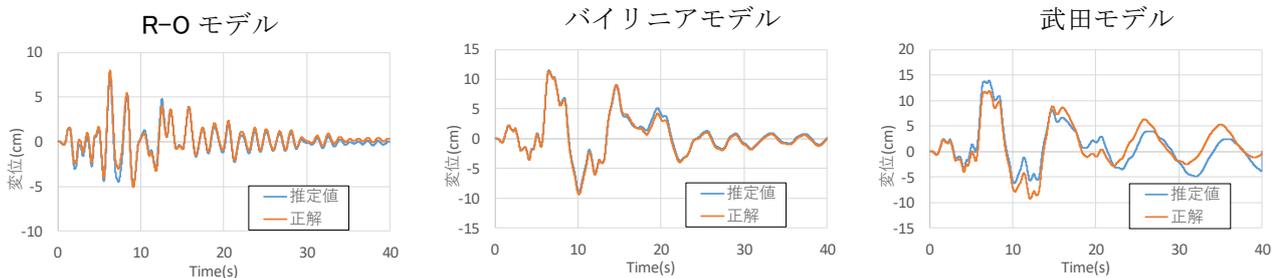


図-6 変位時刻歴応答(ケース 2)

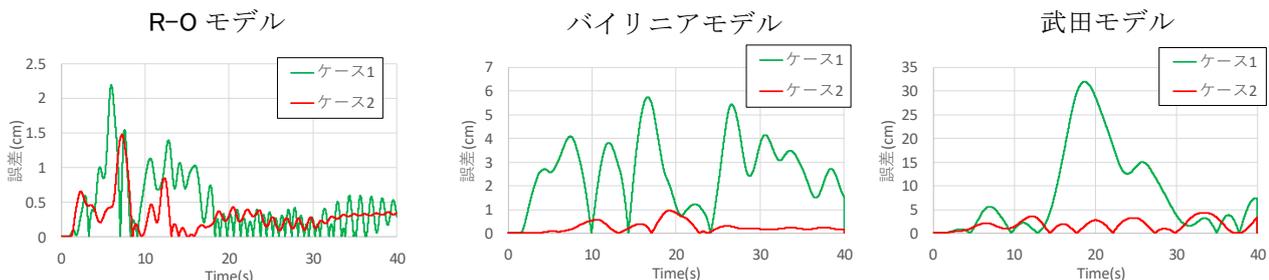


図-7 推定値の誤差