

I-819 ニューラルネットワークの動的応答解析への適用に関する研究

九州大学 工学部 学生員 ○桃山 義規
九州大学 工学部 正 員 松田 泰治

1. 概説

ニューラルネットワークとは、人間など高等動物の脳神経細胞メカニズムのことであり、このメカニズムを用いて情報処理を行うことが最近注目され始めている。つまり、対象とする学習パターンに対して十分な学習を行うことによって、この神経回路がやがて、すべての入力パターンに対して望ましい出力値を選択するようになるものである。

現在ニューラルネットワークの学習アルゴリズムとして拡張カルマンフィルターを利用したもの^{1),2)}等が提案され、動的応答解析への適用事例^{2),3)}もいくつか報告されているが、本研究では最も一般的な誤差逆伝播法、いわゆる Back Propagation methodを用いたニューラルネットワークに対して容易に設定できる学習データを学習させ、それを大地震時における構造物の動的応答解析に対して適用し、その有効性を検証する。

2. 解析方法

本研究においては、1質点系のバネのみが非線形である時を対象とし、非線形復元力特性のモデルとしてRamberg-Osgood型モデルを採用した。図・1に示す3層構造のニューラルネットワークを用い入力層は、最大経線変位点座標値(Xmax,Pmax)、最新の変位折り返し点座標値(Xo,Po)、現時点での変位(Xn)の5ユニットとし、出力層は次ステップの変位Xn+1を求めるためのバネ定数K(Xnにおける接線剛性)の1ユニットとした³⁾。中間層のユニット数の決定は簡単なパラメータスタディを行い5ユニットに決定した。学習データは、設定した数学モデルを用いて作成した。なお、学習に用いる入力データ、及び、教師データは正負の最大値を用いて[0,1]に正規化を行った。

本研究は、ランダムな実地震波に対する応答を載荷試験等により入手可能な学習データを学習させたニューラルネットワークにより表現しようとするものである。漸増漸減のSin波変位に対するRamberg-Osgood型モデルの復元力を算出し、そのバネ定数を教師データとした。以

上のような学習データを用い十分な学習を行って、最終的に同定された結合荷重を用いて動的応答解析を行った。つまり、従来複雑な計算となるバネ定数の計算のみをニューラルネットワークに頼り、算出されたバネ定数を用い、線形加速度法により動的応答解析を行うものである。

なお、本研究において、結合荷重の調整量はWassermanの提案した(1)式⁴⁾を採用した。

$$\Delta W(n+1) = \alpha \cdot \Delta W(n) + (1 - \alpha) \cdot \delta \cdot O \quad (1)$$

$$W(n+1) = W(n) + \eta \cdot \Delta W(n+1)$$

ここに ΔW : 結合荷重の調整量

W : 結合荷重

α : 平滑化係数

δ : 学習信号 (デルタ信号)

O : ニューロンからの出力値

η : 学習速度係数

本研究においては $\alpha = 0.9$ 、 $\eta = 0.25$ とした。

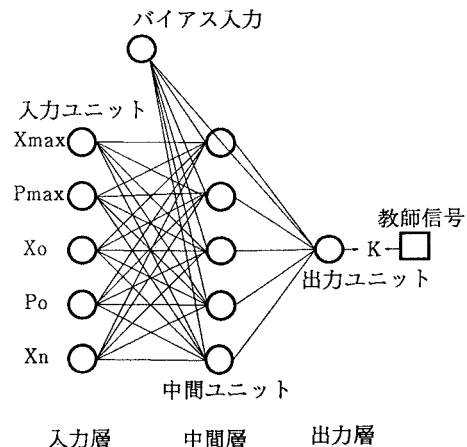


図-1 ニューラルネットワーク構造図

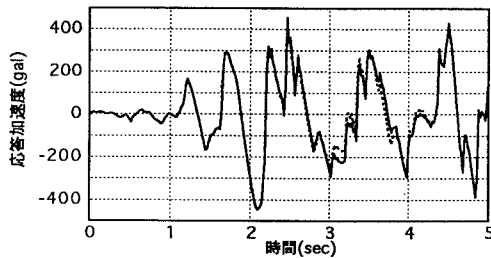
3. 解析結果

強制外力として最大加速度341.7galのEL Centro地震波が、1質点系に作用したときの応答を数学モデルで解析したものと、解析方法で述べた学習データを2000回学習させたニューラルネットワークを用いてEL Centro地震波に対する

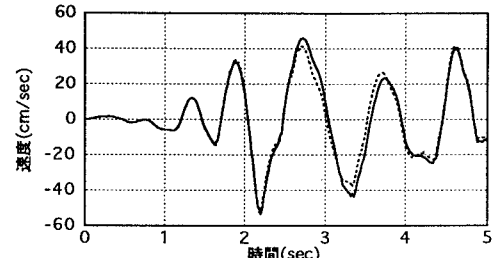
応答を比較したものが図-2である。なお計算上必要な構造物の重量は1000tonとし、系の固有周期はEL Centro地震波の卓越周期を考慮して1.16Hzとした。この二つの条件より初期剛性は54.2062tonf/cmとなる。降伏荷重は150tonf、また粘性減衰係数は初期剛性に対して減衰定数が1%となるように設定した。再現された応答加速度の時刻歴、相対速度の時刻歴、相対変位の時刻歴、復元力の時刻歴は、全体としてほぼ数学モデルを用いた解析結果と一致し、応答加速度のフーリエスペクトルもほぼ一致した。

4. 結論

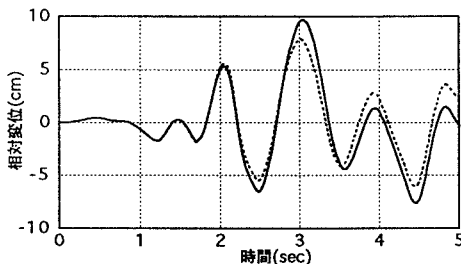
本研究は、構造物の地震に対する応答を載荷試験等から入手可能な学習データを学習させたニューラルネットワークを用いて再現しようとしたものである。数学モデルを用いた解析結果とニューラルネットワークを用いた推定結果では、ほぼ同等の表現能力を持つことがわかった。今後の展開としては、さらに推定結果を向上させるため、学習データの選定、あるいは各種パラメータの設定など幅広く検討していく予定である。



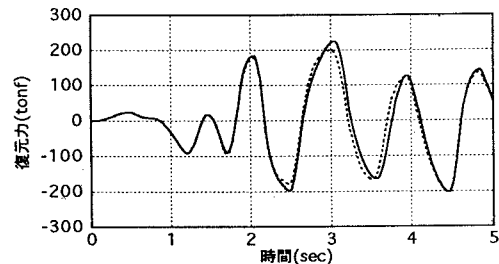
(1) 応答加速度比較



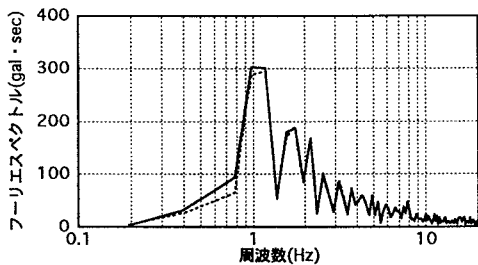
(2) 相対速度比較



(3) 相対変位比較



(4) 復元力比較



(5) フーリエスペクトル比較

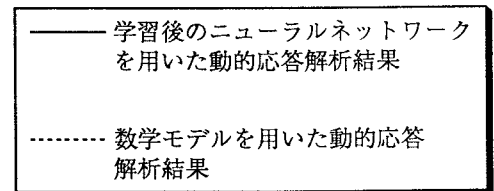


図-2 数学モデルによる解析と学習後のニューラルネットワークによる推定結果との比較図

参考文献

- 1) 村瀬治比古 他：パソコンによるカルマン・ニューロコンピューティング, 森北出版
- 2) 佐藤誠 他：自己学習アルゴリズムによる構造物の非線形地震応答シミュレーション, 土木学会第39回年次学術講演会, pp1538~1539, 1994
- 3) 山本広祐：ニューラルネットワークを用いた非線形構造解析手法の検討(その1) 構造物の履歴挙動のモデリングと動的応答解析への応用, 電力中央研究所報告, 平成3年12月
- 4) Philip D. Wasserman: Theory and Practice Vannostrand Reinhold, Neural Computing, pp50~54, 1989