

九州大学 学生員 ○矢葺 亘
九州大学 フェロー 大塚 久哲
九州大学 城戸 繁幸

奥村組
九州大学 正員 松田 泰治

曾田 暁

1. はじめに

構造物の荷重-変位関係の非線形領域のモデル化では、数学モデルの選択やそのパラメータ設定を経験や複雑な実験に依存している場合が多い。一方、生物の神経細胞の情報処理メカニズムを模倣したニューラルネットワークを用いた場合、非線形現象を定式化することなく高精度でかつ簡易にモデル化が可能と考えられている。本研究ではその優れたパターン認識能力に着目し、ニューラルネットワークを高減衰積層ゴム履歴曲線の直接モデリングに適用した。さらに、構築したネットワークを地震応答解析の数値演算サブルーチンとして利用することで地震時における構造物の挙動を推定した。その際、動的載荷試験を行い、ニューラルネットワークによる推定結果と比較検証することで本解析の有効性の評価を行った。

2. 実験概要

今回の実験に用いた動的載荷試験装置を図-1に示す。本試験装置は鋼製の質量部(質量1.28ton)に摩擦力を無視できるキャスターを取り付けたもので、振動台を加振し、供試体に慣性力を加えることで地震時における動的挙動が再現可能である。供試体には矩形高減衰積層ゴム(HDR401、断面94×128mm、ゴム厚3.5mm×8枚、鋼板厚1.0mm×7枚)を使用した。振動台への入力にはJMA KOBE NSを振動台の特性に合わせて波形処理したもの(図-2)を用いた。計測は、供試体の応答加速度、相対変位、荷重を0.01秒刻みで測定した。

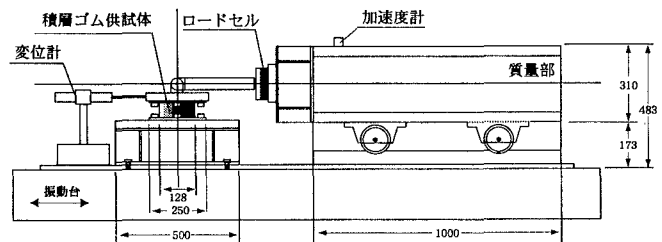


図-1 動的載荷試験装置

3. 解析手法

本解析においては1質点系のバネのみが非線形である場合を対象としている。ニューラルネットワークの教師データとなる学習履歴曲線は、上述の動的載荷試験で使用した同一供試体を用いて別途、漸増漸減正弦波強制載荷試験を行って決定した(図-3)。これは供試体ゴム総厚28mmに対し±100%程度のせん断ひずみを目安とし、最大振幅約28mm、周波数2.0Hz、波数7波の漸増漸減正弦波を強制変位として入力した際に得られる荷重-変位関係で、データ数は350である。ニューラルネットワークの構造には図-4に示す3層階層型ネットワークを用いた。入

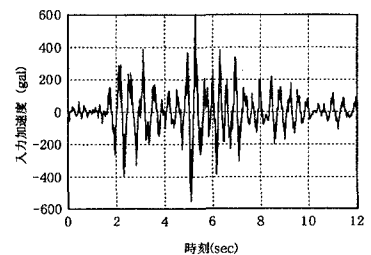


図-2 入力加速度

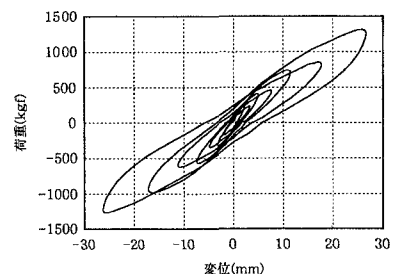


図-3 学習履歴曲線(正弦波載荷)

キーワード: ニューラルネットワーク・地震応答解析・高減衰積層ゴム

連絡先: 〒812 福岡市東区箱崎6-10-1 TEL 092-642-3268

カユニットは学習履歴曲線の特徴づけると想定される最大経験変位 (X_{max})、最大経験荷重 (P_{max})、最新の折り返し変位 (X_o)、最新の折り返し荷重 (P_o)、1ステップ前の変位増分 ($\Delta X_{n-1} = X_{n-1} - X_{n-2}$)、1ステップ前の荷重増分 ($\Delta P_{n-1} = P_{n-1} - P_{n-2}$)、現在の変位 (X_n) の7ユニットとし、出力ユニットとして現在の荷重 (P_n) を推定した。学習アルゴリズムには誤差逆播法を用い、中間ユニット数はパラメータスタディの結果7とした。さらに推定した荷重から剛性を求めることで本ネットワークを地震応答解析の数値演算サブルーチンとして適用した。地震応答解析の入力波には、動的載荷試験で用いた加速度波形（図-2）を用いた。

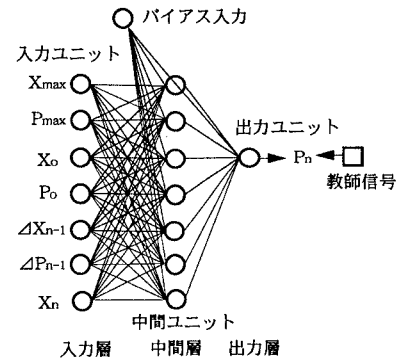


図-4 ネットワーク構造図

4. 解析結果

ニューラルネットワークによる推定結果と、慣性力を利用した動的載荷試験による結果との比較を以下に示す（図-5,6,7,8）。各々の比較において、載荷方向が変化する際に若干の誤差が生じているが、両者は定性的かつ定量的に非常に高い精度で一致していることが確認できる。

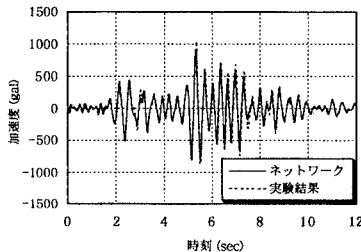


図-5 応答加速度比較

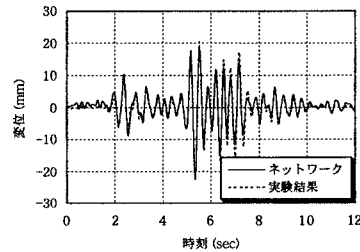


図-6 相対変位比較

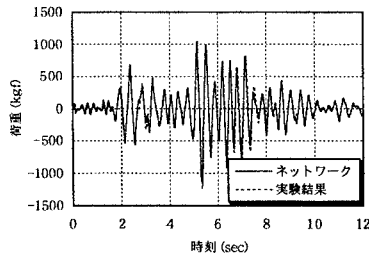


図-7 荷重比較

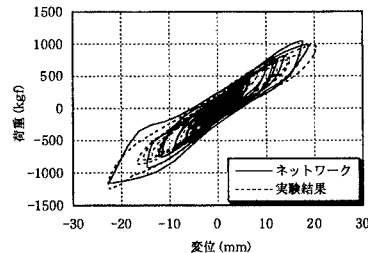


図-8 履歴比較

5. 結論

以上の検討を行った結果、本研究において以下のような成果を得た。

- ・非線形履歴曲線を解析に利用する際、ニューラルネットワークを用いることで数学的手法を用いることなく直接モデリングすることが可能であることが確認された。
- ・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、ネットワークによる推定は、実地震波に対する複雑な動的挙動を精度よく表現可能であることが確認された。

<参考文献>

- 1) 矢野 亘・柁山義規・松田泰治：ニューラルネットワークによる高減衰積層ゴム履歴曲線の認識，構造工学論文集 Vol.43A, pp843-848, 1997.3