

長大橋梁構造物の地震時リアルタイム損傷判定法に関する研究

茨城大学大学院 学生会員 仲森 稔晃
 茨城大学工学部 フェロー 横山 功一
 茨城大学工学部 正会員 原田 隆郎

1 研究の背景と目的

明石海峡大橋、多々羅大橋などの長大橋梁には動態観測（設計検証及び橋体管理）の目的ですでに加速度計が設置されている。この動態観測設備を損傷検知に利用することができれば長大構造物のヘルスマonitoringに非常に有効である。本研究では長大橋梁構造物に地震が発生した場合の健全性評価をモデル化せずに、またリアルタイムにおこなう手段として、ニューラルネットワーク(NN)を用いた損傷判定法を検討することを目的とする。

2 研究の概要

本研究の損傷判定法は、長大橋梁構造物で観測された地震応答データを用いて長大橋梁構造物の構造同定を行い、次に同定した構造システムを利用し、橋梁構造物の損傷を検知するものである。本研究では、この損傷判定法により橋梁構造物の応答の変化を時刻歴解析によって算出し、地震による損傷発生直後、リアルタイムに損傷有無を判定する。

3 多々羅大橋モデル (RESP-T) を用いた損傷解析

多々羅大橋モデルを用いて長大構造物に損傷を生じさせた時の動的応答データを得るために損傷解析を実施した。解析モデルは多々羅大橋モデル³⁾に損傷を与えて解析を行った。ここで、CHING氏³⁾の報告より比較的損傷時の固有振動数変化が大きかったとされるタワー基部に損傷を与えたケース 1 と後述する 4 節の多点分布型NNの検証を目的としてタワー中央に損傷を与えたケース 2 の損傷パターンで解析をおこなった。また、損傷程度は損傷箇所の弾性係数 (E) とせん断弾性係数 (G) を 10%、30%、50%、70%、90%と低下させて解析を行った。解析ケースの詳細は表 1、図 1 に示す。

表 1 損傷ケースの詳細

ケース	NODE	長さm (要素数)
1	183 ~ 186	10 (3)
2	162 ~ 164	10 (3)

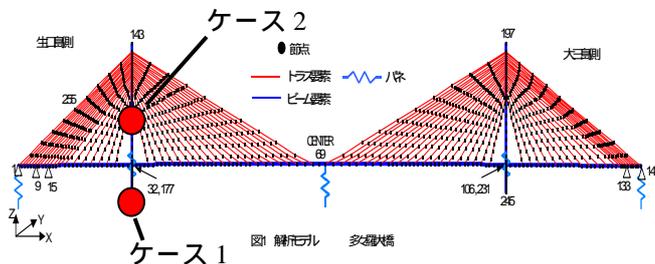


図 1 損傷位置

3.1 長大橋梁における NN の入出力関係

長大橋梁における解析では、今回は図 2 に示すように、両タワー基部に地震波を与えたときのタワー頂部の応答データを用いた。NN の入出力関係は応答値を加速度とした場合と応答値を速度とした場合の入出力関係で解析をおこなった。

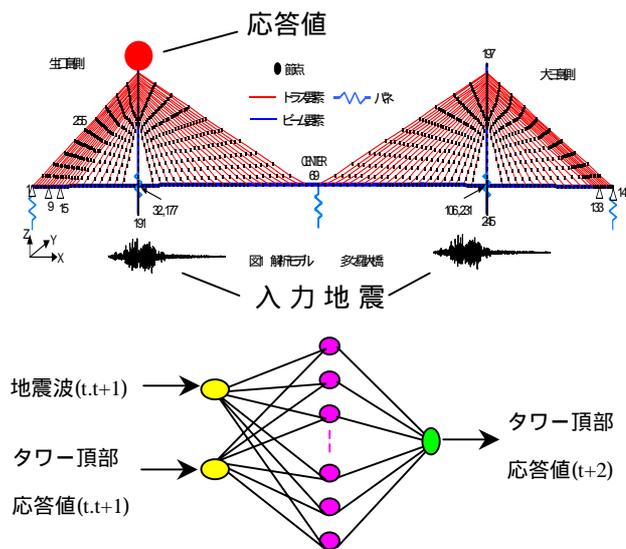


図 2 入力地震波を考慮した入出力関係

3.2 解析結果

解析結果のまとめを図 3 に示す。応答を速度とした場合の学習時から損傷 10%の RRMS を見ると大きく変化していることが分かる。これは学習時と損傷時に異なる地震波を NN に入力すると誤差が発生することを示している。この為、地震波と応答の関係を構築した NN では異なる性質の地震波を処理することが難しいということを示している。

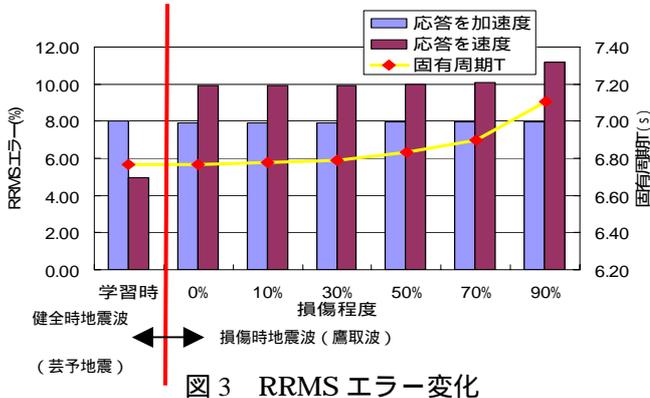


図3 RRMS エラー変化

4 多点分布型 NN による解析

地震波と応答の関係を構築した入出力関係では異なる地震波を入力した際に誤差が発生してしまう為、橋梁の応答データのみを用いた入出力関係によって解析をおこなった。

4.1 多点分布型 NN の入出力関係

多点分布型 NN における入出力関係は図 4 に示すようになっている。節点 143 から節点 184 まではタワーの頂部からタワー基部までを表しており、タワーに限定した入出力関係となっている。入力層には時刻 $t, t+1$ の応答値 (加速度もしくは速度) を入力し、時刻 $t+2$ の応答値を出力する。

このとき、節点 177 の時にタワーと桁が直交するように設定した。

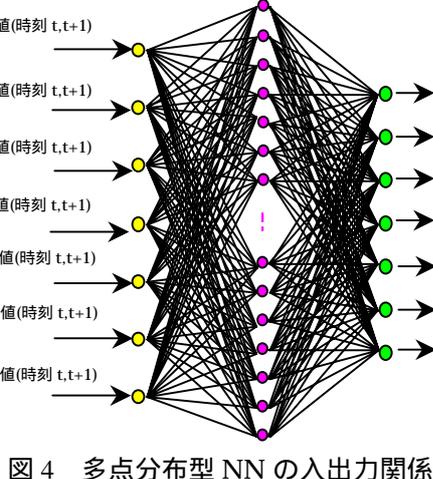
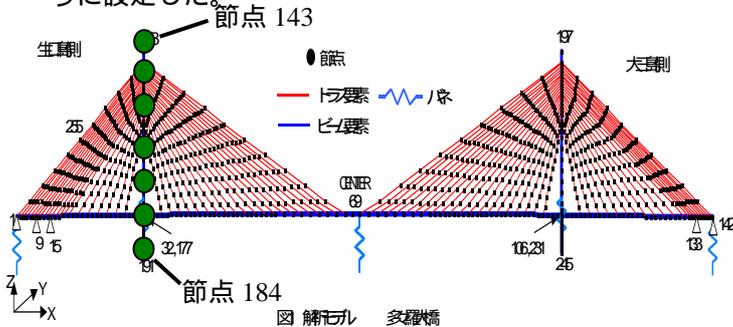
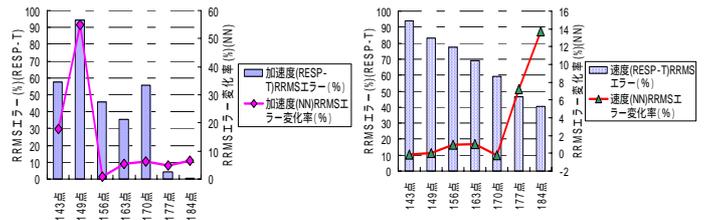


図4 多点分布型 NN の入出力関係

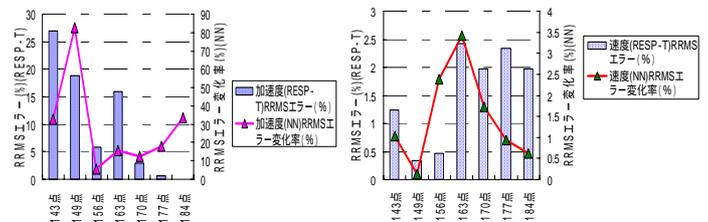
4.2 多点分布型 NN における解析結果

多点分布型 NN によって解析をおこなった結果を図 5

に示す。ここでは、RESP-T における解析結果と比較をおこなった。NN の評価方法としては RRMS 変化率によって学習時から誤差がどれほど変化したかを表した。また、損傷程度 90%における解析結果を表している。結果より加速度における結果では RESP-T における結果と NN における結果が対応していることがわかる。更に、速度における結果では RESP-T と NN で異なる結果となり、損傷が生じている箇所の RRMS が最も増加する傾向が得られた。



a) タワー基部損傷 90%(ケース 1)



b) タワー中央損傷 90%(ケース 2)

図5 多点分布型 NN 予測結果

5 結論

・ 応答値を速度とした場合においては、損傷が生じている箇所のRRMSエラー変化率が増加するという傾向が得られた。

6 今後

・ NN 予測誤差と損傷の関係性を解明する。

【参考文献】

- 1) 横山 功一, 原田 隆郎, 黒田 聡, A.K.M.Rafiquzzaman, : ニューラルネットワークを用いた橋脚の地震時リアルタイム損傷判定法に関する検討, 日本地震工学会論文集, 7, 5, 31-44, 2007.08
- 2) Bin Xu, Zhishen Wu, Koichi Yokoyama : Neural Networks based Identification for the Akinada suspension bridge with earthquake responses, The Seventh International Symposium on Structural Engineering for Young Experts, Tianjin, P. R. China, pp.474-482, 2002.8
- 3) Ching Woei Ling : 長大斜張橋に関する損傷解析, 茨城大学大学院修士論文, 2006