

道路橋の地震被害調査とニューラルネットを用いた被害予測への適用

徳島大学大学院 学 生 員○古川 幸信 徳島大学工学部 正 員 沢田 勉
徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 徳島大学工学部 正 員 成行 義文

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震においては、数多くの建築あるいは土木構造物等が崩壊し、多くの貴重な人命・財産が失われただけでなく、その後の社会活動に大きな混乱が生じた。なかでも、道路橋の被災は、被災地への救援物資などの輸送に大きな影響を及ぼし、その結果として、2次的な被害の拡大を助長した。道路橋は都市の震後復興においても、極めて重要な構造物であるといえる。したがって、強震時における道路橋の損傷度等を予め推定することができれば、都市の震災対策計画を策定する上で大変有用であると考えられる。以上のようなことより、本研究では、既設道路橋の地震時損傷度の推定法を導くための基礎的研究として、まず、文献¹⁾等をもとに、戦後の代表的な12個の地震による道路橋の被害調査を行い、それらの調査結果とニューラルネットを用いて、道路橋の地震被害予測システムを構築した。

2. 本研究の概要

本研究では、表-1に示すような比較的地震規模が大きく、また、橋梁の被害が顕著である12地震を調査対象とした。まず、この調査対象の地震についての報告書¹⁾等を用いて道路橋の被害調査を行い、その結果を文献1)を参考に作成した橋梁震害調査表に記入した。この震害調査表には、各橋梁の構造諸元、地震諸元、震害の程度および被害部分と変状が記入されている。ついで、この調査表をもとに、『損傷度判定法』を構築し、ここで得られた損傷度のデータとニューラルネットを用いて、『橋梁地震被害予測システム』を構築した。

表-1 調査対象地震

No.	地 震 名	発生年月日	M	橋梁数
1	南 海 地 震	1946. 12. 21	8. 0	2
2	福 井 地 震	1948. 6. 28	7. 1	21
3	新 潟 地 震	1964. 6. 16	7. 5	31
4	十 勝 沖 地 震	1968. 5. 16	7. 9	4
5	伊 豆 半 島 沖 地 震	1974. 5. 9	6. 9	2
6	宮 城 県 沖 地 震	1978. 6. 12	7. 4	98
7	日 本 海 中 部 地 震	1983. 5. 26	7. 7	30
8	釧 路 沖 地 震	1993. 1. 15	7. 8	9
9	北 海 道 南 西 沖 地 震	1993. 7. 12	7. 8	7
10	北 海 道 東 方 沖 地 震	1994. 10. 9	8. 1	9
11	三 陸 は る か 沖 地 震	1994. 12. 28	7. 5	14
12	兵 庫 県 南 部 地 震	1995. 1. 17	7. 2	127

3. 損傷度判定法

橋梁震害調査表に記入された情報から、地震により被害を受けた橋梁の被害状況を定量的に評価するための『損傷度判定法』を構築した。損傷度を判定するにあたり、日本道路協会発行の「道路震災対策便覧(震災復旧編)」³⁾を参考とし、耐荷力に関する損傷度を以下のように5ランクに分類した。なお、各ランク中の括弧は、本研究での損傷度に相当する。

As(5) : 落橋・倒壊…落橋・倒壊した場合。(取り替え)

A(4) : 大被害……耐荷力の低下に著しい影響のある損傷を生じており、落橋等致命的な被害の可能性がある場合。(取り替え)

B(3) : 中被害……耐荷力の低下に影響のある損傷であるが、余震、活荷重等による被害の進行がなければ、当面の利用が可能な場合。(補強)

C(2) : 小被害……短期間には耐荷力の低下に影響のない場合。(補修)

D(1) : 被害なし……耐荷力に関して特に異常が認められない場合。

橋梁震害調査表の「被害部分と変状」のデータから、自動的に、上述の基準に従って損傷度を評価した。この際、まず、上部構造、支承および橋脚の各部分ごとの損傷度評価を行い、ついで、それらのうち最大のものを橋梁の総合的な損傷度として用いた。

4. ニューラルネットによる予測

地震被害予測手法では、まず、構造パラメータ（適用示方書、スパン、橋脚形式）および地震パラメータ（マグニチュード、地盤種別、断層距離）と『損傷度判定法』で得られた損傷度を求めた後、それらを利用して被害を予測するという手順をとる。ところが、上述の各パラメータと損傷度の関係には強い非線型性があるため、予測システムを構築する際にはそれに適した方法を用いることが必要となる。本研究では、このような手法としてニューラルネットを用いた。ここで、ニューラルネットの学習として、各パラメータを図-1に示すネットワークに入力し、それに対応する損傷度を出力するような改良型バックプロパゲーション法を用いて、階層型ネットワークを構築した。本研究では、入力値と、それに対する出力値を一組の学習データとして調査橋梁 354 件中、比較的データが揃っている 250 件の事例を基に学習データを作成した。

このようにして構築された階層型ネットワークは、学習に用いなかったパラメータを入力した場合に対してもそれに対応する損傷度を予測することが可能である。

5. 精度の検証

精度検証には学習データとして使用したデータをそのまま予測データとして適用した。まず、ネットワーク構築の精度を確認するために、ネットワークに用いた学習データと出力データ（予測値）の関係を検討した。図-2に学習データと予測値の関係を示す。図より、ある程度ばらつきがあるものの、良好な結果を得ることができたといえる。次に、各パラメータと予測値の関係を検討した。一例として、図-3に断層距離と予測値の関係を示す。この図からも、橋梁の位置が断層から離れる程、被害が小さくなるという良好な結果を得ることができた。以上より、本研究で用いたネットワーク構造を被害予測に用いることは、十分可能であると考えられる。

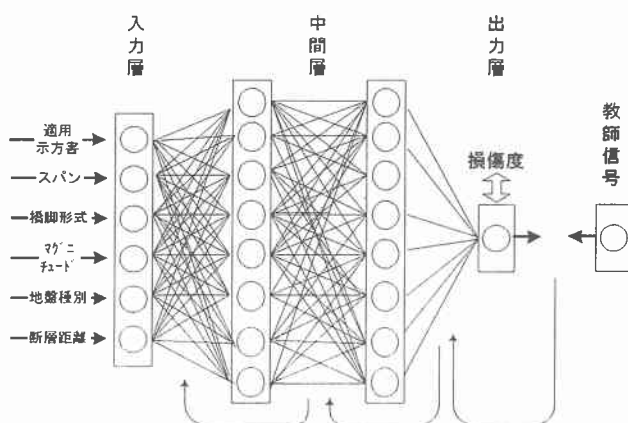


図-1 階層型ネットワーク

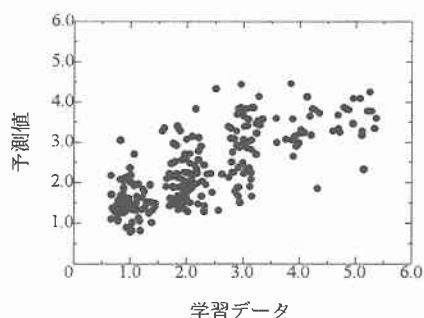


図-2 学習データと予測値の関係

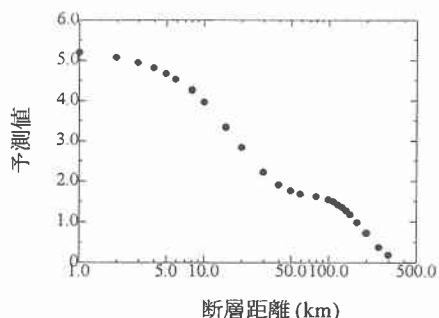


図-3 断層距離と予測値の関係

6. あとがき

本研究では、兵庫県南部地震を含む12の被害地震を対象とした橋梁の被害調査結果をもとに被害橋梁の損傷度評価を目的とした『損傷度判定法』を構築した。また、損傷度判定法より得られた損傷度を用いた『橋梁地震被害予測システム』を構築した。今後は、さらにデータの充実をはかるとともに、この予測システムを用いて既存橋梁の地震被害予測を試みる予定である。

参考文献

- 1) 宮城県土木部道路建設課：1978年6月宮城県沖地震による橋梁震害調査報告書，1978.10.
- 2) 阪神・淡路大震災調査報告集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害-橋梁-，1996.12.
- 3) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），日本道路協会編集，1988.2.
- 4) 菊池豊彦：入門ニューロコンピュータ，オーム社，1990.