

ニューラルネットワークを用いた北陸地域における鋼橋 RC 床版の劣化予測

金沢大学 学生会員 ○井上裕介
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 有馬直秀
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 橋吉宏
 金沢大学 正会員 近田康夫

1. はじめに

社会基盤構造物の維持管理は事後保全型から予防保全型に移行しつつある。その際、劣化予測は、各部材の健全度を点検結果に基づいて、単一の劣化曲線が使用されることが多い。しかし、構造物の劣化は施工の品質、輪荷重の作用状況や気象の影響等、多くの不確定的な要因が関係しているため、劣化速度も異なると考えられる。本研究では、北陸地域における鋼橋 RC 床版の点検結果をニューラルネットワーク (以下 NN) を用いて、劣化速度を (大・中・小) の3段階に分類することを試みる。そして、判別後の劣化速度毎に劣化曲線を作成する。

2. 使用するデータ

(1) 点検結果

使用する点検データは鋼橋 RC 床版である。点検データ数は11橋118径間である。詳細点検の頻度は5年間隔で行われており、床版の劣化が著しい場合は点検間隔を短くしている。本研究では、劣化発見時以降の点検結果を使用している。RC床版の点検結果は図-1に示すように主桁と対傾構で区切られたパネルごとに5段階の劣化度判定 (A,B, ..., E) を行っている¹⁾。床版の劣化度は遊離石灰やひび割れの状態から判定され、Aが最も劣化した状態を示している。

(2) SDI への変換

パネルの劣化度は補修の判定基準として活用するためスパン別の劣化度に変換するのが望ましい。本研究では、離散データのパネル判定を BHI (Bridge Health Index) の計算方法を援用してスパン劣化度 (SDI: Span Deterioration Index) という連続量に変換する。SDI の計算方法を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{SDI} &= P_A \cdot w_A + P_B \cdot w_B + \cdots + P_E \cdot w_E \\ &= \sum_{i=1}^j P_i \cdot w_i \quad (1.0 \leq \text{SDI} \leq 9.4) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 P_i は1スパン内に占める劣化度 i と判定されたパネルの存在比率であり、 w_i はパネルの劣化度 i に

主桁 G1	C	B	E	E
" G2	B	A	C	C
" G3	C	D	D	D
" G4	C	D	D	D

図-1 RC 床版の点検結果の例

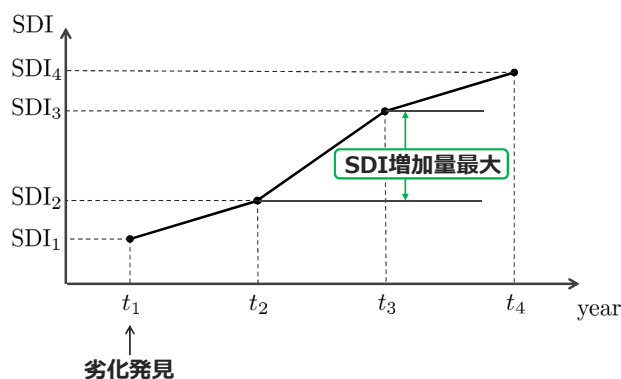


図-2 点検による SDI の変化の概略図

対応する重み係数を表している。SDI が大きいほど劣化が進行しているスパンとなる。SDI 算出のための重み係数および劣化速度分類の閾値は、元データの劣化速度の離散的判断基準と極力一致させるものを使用している。

(3) 劣化速度ラベルの設定

図-2 に点検による SDI の変化の概略図を示す。床版補修が行われていないスパンを解析に使用しているため、SDI は右肩上がりである。横軸が劣化発見時を1回目とした点検回数であり、縦軸が SDI である。劣化速度は、各点検間の SDI の増加量の最大値を基準にしている。図-2 の概略図では2回目から3回目の点検にかけて劣化が最も進行しており、SDI₂ と SDI₃ の差を用いて劣化速度を設定する。

3. 劣化速度の分類

劣化速度の分類には NN によるパターン認識の手法を使用することにした。劣化速度が既に分かっているスパンの物理的な健全度指標である SDI を入力として NN を生成し、劣化速度が未知のスパンに適用することで劣化速度を判別する。解析に使用したパラメータ

Key Words: 床版健全度予測 ニューラルネットワーク パターン認識

〒 920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

設定を表-1に示す。SDIは劣化発見時のものをSDI₁と表現し、以降点検を行うごとに添え字の数を増やす。

3回以上の点検が行われたスパンを解析対象として、その内9割を学習用データ、残りの1割を未知データとして劣化速度を判別した結果を図-3に示す。なお、ネットワークの生成には劣化発見時のSDI(SDI₁)とそれ以降2回の点検によるSDI(SDI₂, SDI₃)を学習し、ネットワークの生成と判別を2000回繰り返した平均値が示されている。縦軸が点検による劣化速度判別を、横軸がNNによる劣化速度判別の適合割合を表している。最下段の積み上げ棒グラフでは、緑色の割合が大きいほど、NNによって劣化速度が正しく判別されていることになる。NNによる判別で劣化速度が大と正しく判定されたものは約90%、劣化速度(中)は約90%、劣化速度(小)は約80%であり判別は妥当である。

参考として、劣化発見時を含む2回の点検データを用いた場合の解析結果を図-4である。判別精度は著しく低下し、劣化速度(大)のスパンを正しく判別できたのは約10%であった。したがって、劣化速度の判別には3回以上の点検データが必要になると考えられる。

4. 劣化曲線の作成

劣化曲線の作成例として、既に判別済みの劣化速度(大)に対する非線形回帰分析を用いた結果を図-5に示す。横軸は劣化発見年を0とした経過年であり、縦軸はSDIを表している。劣化曲線の候補として5次元の多項式までを検討したが、得られたモデルのAICと工学的な判断を考慮した結果、二次曲線の劣化曲線が妥当と考えられる。劣化曲線を見ると、劣化発見から10年後にはSDIが7に到達すると予測される。SDIの最大値は9.4、最小値が1.0であることから、約70%が劣化となり、急速に劣化が進行することが推察される。

劣化速度(中)および(小)の劣化曲線を二次曲線で描いたものが図-5の破線である。両者は重なっており、傾きは劣化速度(大)の1/3程度となる。劣化速度(中, 小)の間に明確な違いは存在しないため、劣化速度の分類は(大)か否かの2段階の分類でも良いと考えられる。また、SDIで表される劣化曲線から、点検間隔に関する検討を行い、劣化進行が早いと判断された場合は5年の点検間隔を短くする必要があると考えられる。

5. まとめ

1) 劣化速度は、劣化発見時を含む3回以上の点検を行って判別するのがよいといえる。

表-1 パラメータ設定

入力変数	SDI _i ($i = 1, 2$), ($i = 1, 2, 3$)
出力変数	劣化速度
学習回数	500回
隠れ層ユニット数	15
繰返し回数	2000回

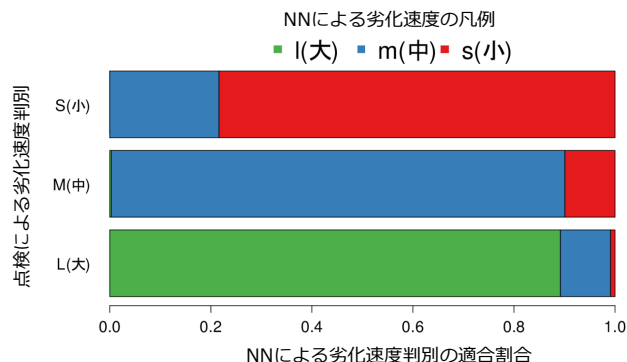


図-3 判別の内訳 (劣化発見時を含む3回)

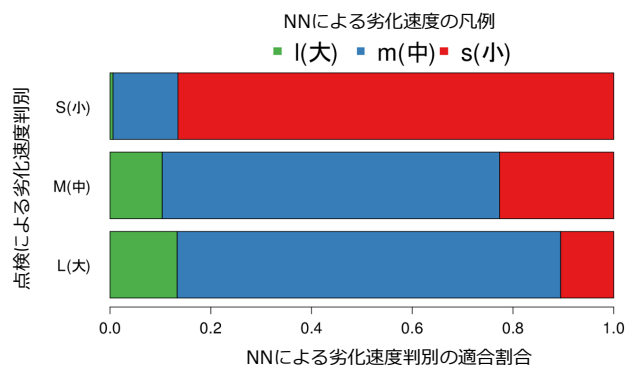


図-4 判別の内訳 (劣化発見時を含む2回)

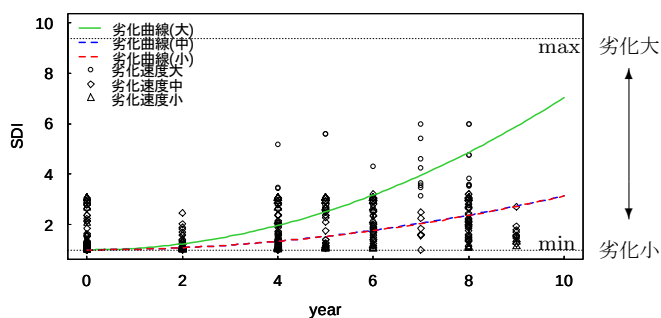


図-5 劣化速度大の劣化曲線

2) 劣化曲線から、劣化速度は(大, 中 & 小)のように2段階に分類することが望まれる。

3) 劣化曲線のSDIの値によって、点検間隔の見直しを行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) NEXCO 総研：設計要領第二集 橋梁保全編 4章床版, 2013.