

GIS 橋梁データベースの構築と地理条件を考慮した劣化予測

愛媛大学大学院 学生会員 ○井上 達雄

愛媛大学大学院 正会員 大賀水田生

愛媛大学大学院 正会員 全 邦釘

1. 背景及び目的

近年、橋梁の老朽化の問題が顕在化しているため、各自治体では管理下の橋梁の劣化点検を定期的に行っている。しかし、点検結果は紙媒体や、PDF 形式で保管されていることが多いため、数値計算ができず、迅速な維持管理もできない状況にある。また、現在一般的に採用されている劣化予測は非常に精度が悪い。そこで、本研究では GIS 橋梁データベースを構築し迅速な橋梁維持管理を可能にすること、同データベースを利用して劣化予測手法を改善することの 2 点を目的とする。

2. GIS 橋梁維持管理データベースの構築

本研究では、図 1 のように広範囲の橋梁の劣化を視覚的に評価する事ができる GIS 橋梁維持管理システムを構築した。また愛媛大学工学部環境建設工学科構造工学研究室内に GIS サーバを構築し、作成したデータを Web を通して閲覧することについても可能とした。この GIS データベースではセキュリティについて細かく設定することができる。これにより、現在では国、県、市町村で別々に管理されている橋梁について、それらのアクセス権限をそれぞれが有したまま、全橋梁の管理を統一的行える維持管理システムを構築することが可能である。

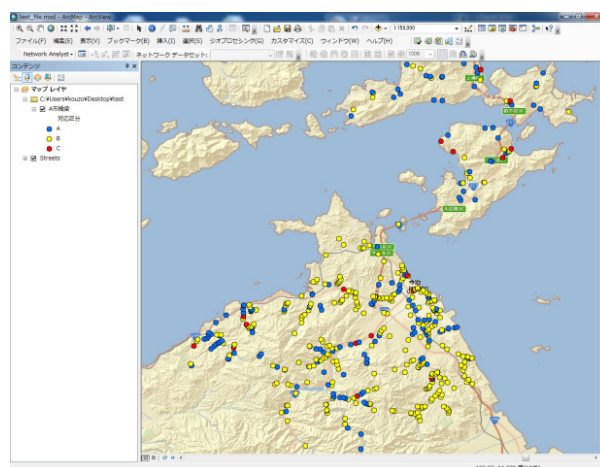


図 1. 橋梁維持管理データベース

3. 地理条件を考慮した劣化予測手法

3.1 従来の劣化予測

従来の橋梁点検では、各部材の劣化度を a, b, c, d, e の 5 段階で目視により評価している。ここで各部材の劣化度を式(1)により平均化した値を橋梁健全度(BHI)とし、劣化予測での指標としている。

$$BHI = a \times 1.0 + b \times 0.75 + c \times 0.5 + d \times 0.25 + e \times 0 \quad (1)$$

例えば従来の手法では、PC 橋の海岸部、RC 橋の山間部というように、橋梁の種類と地域区分により橋梁をグループ分けした上で、そのグループ内での点検結果より得られる BHI を基に 4 次の近似曲線を引き、求められた近似曲線を劣化予測式として用いている。しかし、それぞれの劣化予測の決定係数 R^2 を計算した結果は表 1 のようになる。決定係数とは推定値からのばらつきを表す指標であり、1 に近い程その式の精度が高い事を意味する。表 1 より明らかなように、従来の劣化予測手法の精度は非常に悪い。原因として、ばらつきの大きい点検結果を一つの回帰曲線によって求めていることが挙げられる。そこで本研究では橋梁ごとに異なる劣化予測を行うことを目指す。

表 1. 橋梁のグループごとの決定係数

条件区分	決定係数 R^2
RC 橋 海岸部	0.16
RC 橋 山間部	-0.071
PC 橋 海岸部	0.19
PC 橋 山間部	0.32
全体	-0.037

3.2 マルコフ連鎖モデル

本研究ではマルコフ連鎖モデルを用いて劣化予測を行う。この手法はある劣化状態から別の劣化状態に移行する状況を劣化割合 x_a, x_b, x_c, x_d で表現する手法である。以下の式(2)の左辺に点検結果を代入し逆算することで、劣化割合 x_a, x_b, x_c, x_d を求める。そして求めた劣化割合を用いることで、図2のように任意の橋齢での劣化度 a,b,c,d,e の分布を求めることが可能である²⁾。

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-x_a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_a & 1-x_b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_b & 1-x_c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_c & 1-x_d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_d & 1 \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

3.3 地理条件を考慮したマルコフ連鎖モデル

本研究では GIS 橋梁データベースを用いて各橋梁の地理条件を求めた上で、それをパラメータとして考慮するマルコフ連鎖モデルを提案する。まず、GIS 橋梁データベースの機能より、各橋梁の標高、海岸からの距離を求める。次に、求めた地理パラメータと先程のマルコフ連鎖モデルで求めた劣化割合との回帰分析により式(3)を導く。

$$x_i = AL_n + BH_n + C \quad (3)$$

ここで、 L_n に各橋梁の海岸からの距離を代入し、 H_n に標高を代入することで、所与の地理条件下での橋梁の新たな劣化割合を求めることができる。このようにして導出された新たな劣化割合をマルコフ連鎖モデルに適用することで劣化予測を行う。

これにより、地理条件が橋梁の劣化に及ぼす影響が分かる上、従来の劣化予測に比べ、より精度の高い劣化予測が可能となる。決定係数 R^2 の比較を図3に示す。ここで比較のために、地理条件を考慮しないマルコフ連鎖モデルの決定係数についても図に示している。この図より、全ての橋梁群において本研究の劣化予測は有用であることが分かる。特に、海岸部にある RC 橋については、本研究で提案する地理条件をパラメータとして考慮したマルコフ連鎖モデルの有効性が大きいことが示された。理由として、RC 橋は PC 橋に比べ耐久力が大きくないため、塩害等による劣化を著しく早めるひび割れなどが発生しやすく、その劣化は環境の影響を受けやすいといったことが考えられる。

4. 結論

本研究では GIS 橋梁データベースを作成し、効率的な維持管理を可能とした。また、地理条件を用いたマルコフ連鎖モデルによる劣化予測手法を構築することで、その精度を大幅に改善した。将来、橋梁の劣化点検が多数回行われ、結果が蓄積されることで、劣化の進行速度や環境条件が劣化に及ぼす影響などをより詳しく求められ、本研究で構築した手法を用いた正確な劣化予測が可能になると期待される。

5. 参考文献

- [1]松原望, 縄田和満, 中井検裕, : 統計学入門, 1998
- [2]P. Chun, D.Seto, and M.Ohga, "Bridge deterioration prediction with stochastic Markov transition matrix", Proceedings of International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management (in print)

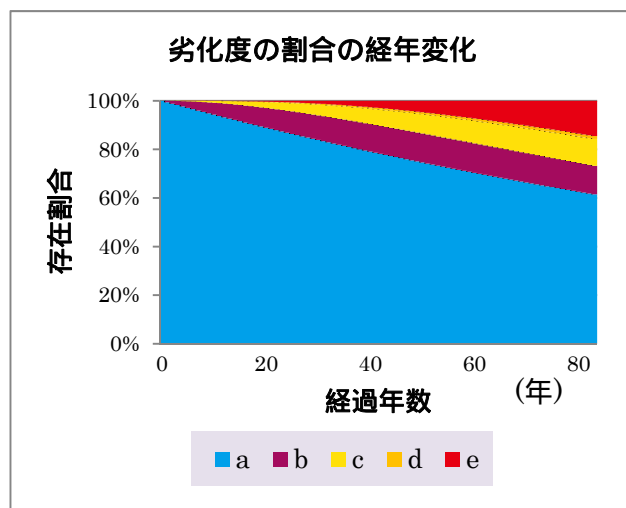


図 2. 経年劣化予測結果

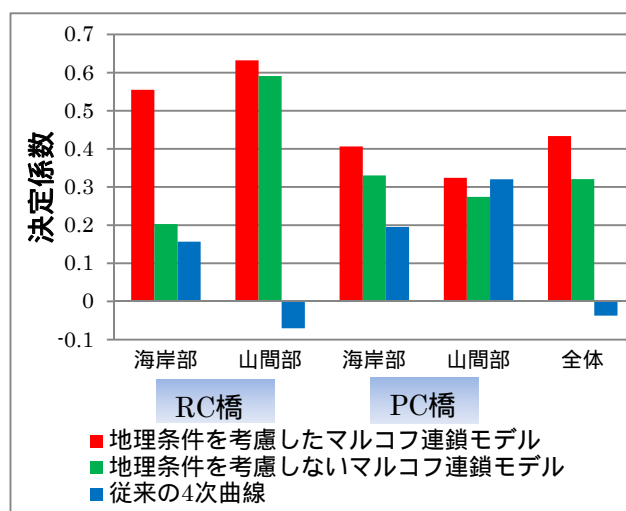


図 3. 地域区分別の決定係数比較