床版の劣化予測を考慮した橋梁維持管理システムの構築

Bridge maintenance management system in consideration prediction for the deck plate

中央大学大学院　学生員○内山　典之　　中央大学　正会員　平野　廣和
中央大学　正会員　佐藤　尚次

1.　はじめに

近年、既存の社会資本ストックを長期に渡り有効活用することを目的として、維持管理の重要性が増大してきている。現在利用されている重要な社会資本である橋梁は、交通量の増加、車両の大型化などにより、設計当初に予想されていたよりも過酷な使用条件のもとで長期間に渡り使用されてきている。このため著しく損傷を受けている場合もあり、これら老朽化した橋梁の適切な維持管理を行いかつ延命化を図ることが求められている。そこで本研究では、現在及び過去の状態を素早く検索可能な 3DCG モデルと組み合わせたデータベースの構築と、床版の劣化予測手法を検討して維持管理計画の立案を支援する橋梁維持管理システムの構築を目的とする。

2.　橋梁維持管理システム概要

本システムは主にデータベースと、そこに収録されているデータより劣化予測モデルを構築し、各橋梁に対応した床版の劣化予測を行う機能の二つから成る。図-1 に示すようにデータベースに収録されている維持管理に必要なデータ項目取り出し劣化予測機能に入力され、床版がどの程度持ちこたえるのかを出力する。

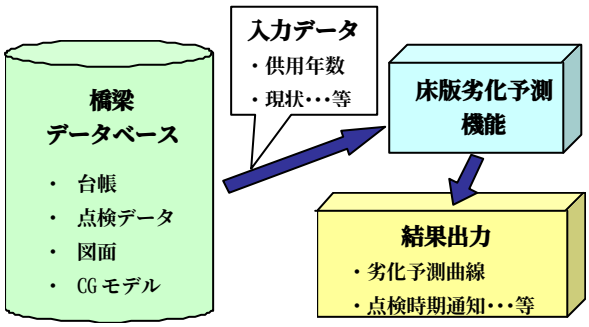

図-1 システム概要

3.　データベース

現在、様々なデータがデジタル化され橋梁に関するデータベースも作成されてきている。しかし、データベース化されても膨大な量のデータが単に入力されただけのものも多く、維持管理計画の立案に有効に利用されているとは言い難いのが現状である。そこで、本研究では橋梁に関するデータ、特に橋梁台帳・図面・点検・補修履歴に関し部材ごとに整理し関連付け、部材の配置状況を確認するために3次元 CG モデルを対応させることで維持管理計画立案を支援可能なデータベースを構築する。また、橋梁の 3 次元モデルは CAD データと市販の CG ソフトである Shade を使用することで容易に作成することが可能である。作成したデータベース画面を図-2 に示す。橋梁概要画面で橋梁を選択し、そこより図面・損傷部材データ画面へと進む。また、損傷部材データからその損傷している部材の位置を表示する CG へとリンク付けしている。これにより、橋梁の現状や部材情報､位置が一連の流れとして把握できる。

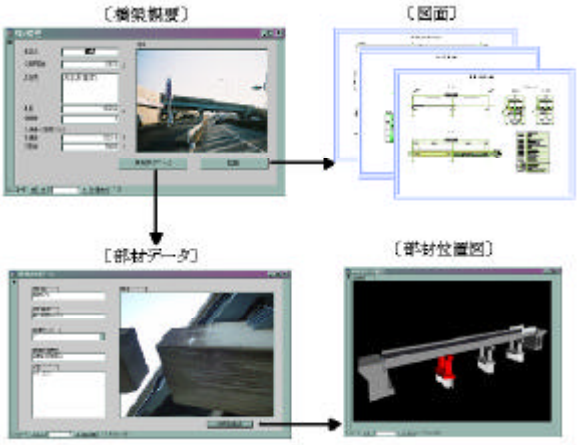

図-2 データベース画面

4.　マルコフモデルによる床版の劣化予測

橋梁維持管理システムの維持管理計画支援ツールとして劣化予測機能を検討する。本研究では、表-1 に示す定期点検結果の OK､Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰと 5 段階で評価[1),2)]

表-1 橋梁定期点検における損傷ランクの定義

ランク	内容
OK	損傷は認められない
Ⅳ	損傷あり、程度を記録する必要がある
Ⅲ	損傷あり、追跡調査を行う必要がある
Ⅱ	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修の検討が必要
Ⅰ	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れあり

キーワード：維持管理、データベース、劣化予測、マルコフモデル
連絡先　：〒112-8551　東京都文京区春日 1-13-27　　tel.03-3817-1816　fax.03-3817-1803

されている損傷ランクを部材の劣化状態とする。この劣化状態が推移する様をマルコフ過程[3]で解析する。

劣化がある確率に従い現状を維持したり次の状態へと推移したりするとし、実際の都市部（主に東京都内）における約 70 橋の床版定期点検データの損傷ランク分布より、5 年ごとにランクが推移する確率を推定する。推移確率を行列に並べたものが式（1）である。行列内の要素は、ある状態がその状態にとどまるか、他の状態へと推移する確率をそれぞれ表し、確率の基本性質より行和はすべて 1 である。つまり、式(2)に示すように、n 時点での状態分布 Y_n は n－1 時点での状態分布 Y_{n-1} と推移確率 P の積で表される。

$$P = p_{ij} \qquad i, j = 1to5 \qquad (1)$$

$$Y_n = Y_{n-1}P \qquad (2)$$

しかし、このままでは劣化状態が回復する確率も含まれることになり、劣化現象を正確に捉えていない。そこで図-3 に示す状態推移図のように「劣化はある状態にとどまるか、次の状態へのみ推移する」というモデルを導入する。

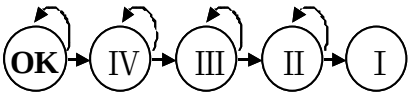

図-3 劣化モデル状態推移図

モデルを導入した推移確率行列より特性量を計算し、床版の平均的な劣化曲線を図-4 に示す。損傷ランクⅣに到達してから、急激に劣化が進むのが読み取れる。劣化が始まると加速度的に劣化が進むことがわかる。

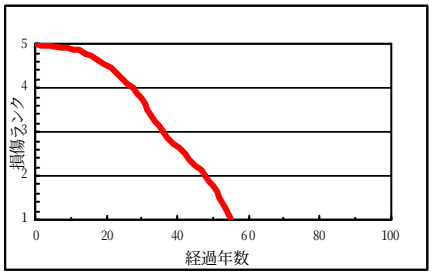

図-4 床版平均劣化曲線

5. 劣化要因変数の導入

都市部の橋梁において床版劣化の最も大きな要因として交通荷重による疲労損傷が考えられる。交通量を表-2 に示す区分に分け、交通量による影響を同年代の点検データより算出する。これを劣化の要因変数として導入し、交通量区分ごとに劣化の進行速度が変化する変数マルコフモデルを構築する。各交通量区分でのマルコフモデルの特性量を求め劣化曲線を示したものが図-5 である。交通量区分ごとに、損傷ランクの推移の仕方、速度が変わっているのが見て取れる。図-6 には 2～3 万台交通量のときの推定劣化曲線と実データの比較を示す。交通量以外の条件を考慮していないために多少のずれはあるものの、損傷ランクの推移する傾向は捉えることが出来たと思われる。

表-2 交通量区分

交通量 台/12h
10000未満
10000～20000未満
20000～30000未満
30000～40000未満
40000以上

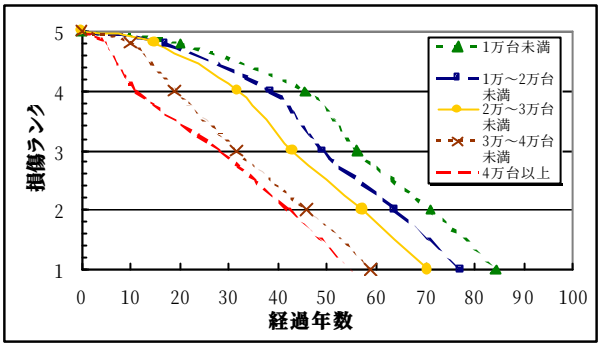

図-5 交通量区分ごとの床版劣化曲線

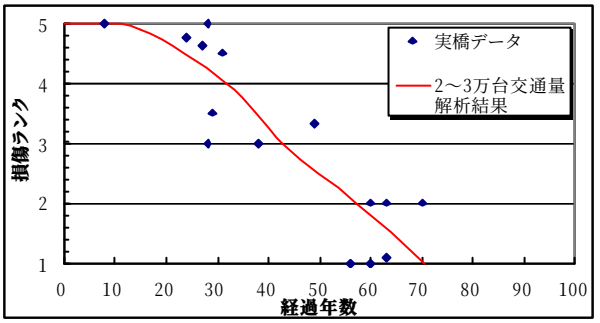

図-6 解析結果と実データ比較

6. おわりに

データベースを構築することで橋梁の維持管理の参考となる現状や履歴データの素早い検索や入力が可能となった。3 次元 CG モデルと対応させたことで損傷部材の位置や橋梁形状が容易に把握でき、維持管理業務に対しての支援ツールの役割を果たすと考えられる。また、データベースに収録されているデータからマルコフ解析により、床版の劣化予測を行うことが出来た。しかし、劣化の要因として交通量のみしか考慮していないので、今後は環境条件、大型車・普通車別の影響も考慮する必要がある。

参考文献

1） 旧建設省土木研究所：橋梁点検要領（案）,土木研究所資料,第 2651 号,1988.

2） 社団法人日本橋梁建設協会:'01 Design Data Book

3） 森村英典・高橋幸雄：マルコフ解析,日科技連