

阪神高速道路公団 正員○足立 幸郎 京都大学工学部 正員 藤井 学
 阪神高速道路公団 正員 関 惟忠 篠塚 研究所 正員 大矢 敏雄
 総合技術コンサルタント 正員 小塚 幹夫

1. はじめに 高速道路の維持管理が、建設時の性能の維持及び社会環境の変化に伴う要求に追従するために非常に重要であることは誰もが認識していることは確かであるが、最適な維持管理手法については限られた予算のなかでいかに効率的に行うかが最大の問題であり、その手法の開発が望まれているのが実状である。ここでは、マルコフ連鎖モデルを応用した維持管理モデルを作成し、それを床版に適用した場合におけるパラメータ解析を行って維持管理効果の分析を行った結果について報告するものである。

2. 阪神高速の床版の維持管理 阪神高速道路公団においては、これまで5年に一度全床版を点検し、その中間年に前回において重度の損傷を受けているとされた床版について点検を行ってきている。評価は損傷度の大きいものから“@, A, B, C, OK”の5段階で行っている。“@”とは緊急に補修の必要な状態を指す。通常Aランク以上の損傷に対して、鋼板補強で補修している。

3. 床版維持管理のモデル化 維持管理モデルを作成するにあたっては、①損傷の時間的遷移を適切に評価すること、②補修前、補修後の損傷遷移を適切に評価すること、③重度損傷への遷移について確実に評価を行うことを考察する必要がある。①②については、現有するある路線の点検データを分析する事によって行った。③では、“@”を損傷程度のさらに大きいものと区別するため“AAA”と“AA”に分割を行った。“AAA”は補修法として緊急に床版打換が必要なものであり、“AA”は通常の鋼板補強で対応出来る損傷を想定している。しかしこれらの損傷はサンプル数が少ないため工学的判断で遷移を推定した。最終的に、補修前の損傷遷移は“AAA, AA, A, B, C, OK”、補修後の損傷遷移は“AA*, A*, B*, C*, OK*”で表現した。図-1、2では得られた損傷の遷移を図解的に示している。補修後の損傷推移が大きいように見受けられるが、これは損傷のランク分けが補修前と補修後とでは大きく異なるためである。さらに、維持管理のモデル化に必要なものは、床版が維持補修されないことによる“損失”、補修に係る“補修費用”、緊急補修に必要な“緊急補修費用”、点検に係る“定期点検費用”があるが、これらは全て実際に基づいた費用算定を行った。特に損失においては、床版打ち換え補修時における通行量の減少、広報費なども考慮し、算定を行った。

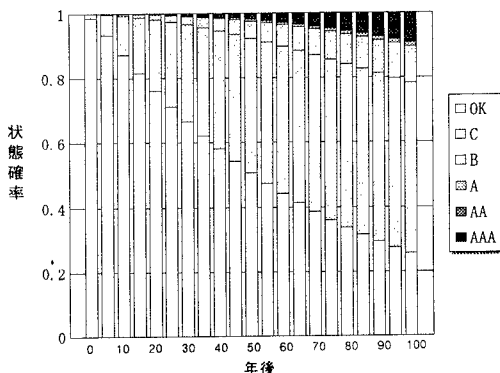


図-1 補修前床版の遷移状況

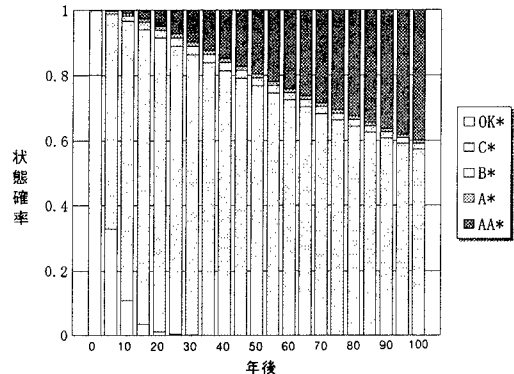


図-2 補修後床版の遷移状況

4. 維持管理の定式化 床版の損傷遷移をモデル化するにあたってはホモニアスマルコフ連鎖モデルを適用し、そこに補修行為を算入する定式化を行った¹⁾。床版損傷の時間的遷移は常に現在の状態のみに依存し、空間的相関、時間的相関はないものと仮定している。トータルコストの算定はこの定式化によれば以下の様に記述出来る。

$$C_n = E_1 + E_R^T * S_0 + (L^T + E_A^T * T) * S_0' + (L^T + E_A^T * T) * S_1 + \dots + (L^T + E_A^T * T) * S_n \\ = E_1 + L_n^T * S_0$$

$$S_0' = R * S_0, S_1 = R_A * T * S_0'$$

S_0 : 定期点検後の状態ベクトル, n : 定期点検間隔, S_n : n 年後の状態ベクトル, S_n^* : 緊急補修前の状態ベクトル, S_0' : 補修後の状態ベクトル, T : 損傷遷移確率行列, L : 1年間の損失ベクトル, R : 補修行列, R_A : 緊急補修行列, E_R : 補修費用ベクトル, E_A : 緊急補修費用ベクトル, E_1 : 定期点検費用, C_n : n 年間のトータルコスト

5. 維持管理状態のパラメータ解析 本モデルを用いて維持管理総費用の伸びを予測してみた。ちなみに費用については実際の費用の算定を行っているが、ここでは単位をU（ユーティリティ）という特別な貨幣単位に変換して表記する。図-3では、維持管理の重要性を示すため補修費用の感度分析を行った結果について示す。この場合A以上の損傷になった場合、緊急補修が行われるがこの費用が大きく総費用に関わってくるのがわかる。つまり、早期補修は重要であることが読みとれる。図-4に補修代替案の影響について示している。阪神高速道路公団においては、Aランク以上の損傷に対して補修を行っているが、現在の点検間隔を保持した場合、8年後以降はBランク以上の損傷で補修を行う方が、つまり早期補修方針が結果的に総費用が少なく維持管理が出来ることとなる。図-5ではB以上で補修した場合における、定期点検間隔の感度分析結果を示す。定期点検間隔があまり影響ない結果が得られたが、さらに図-6にA以上で補修した場合の結果を示しているが、この場合はかなり定期点検間隔にトータルコストは影響を受ける結果となった。

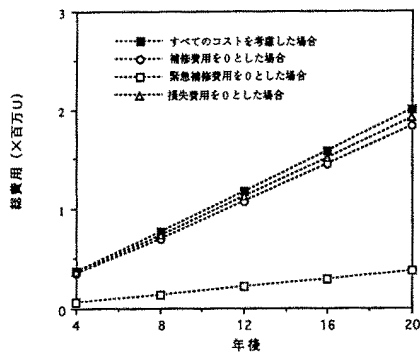


図-3 補修費用の感度分析結果

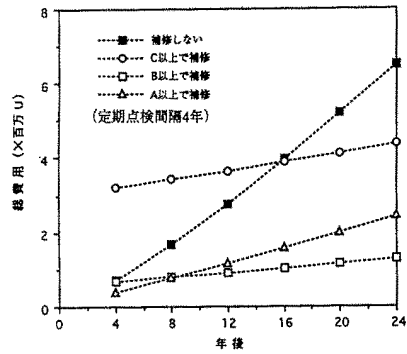


図-4 補修代替案の比較

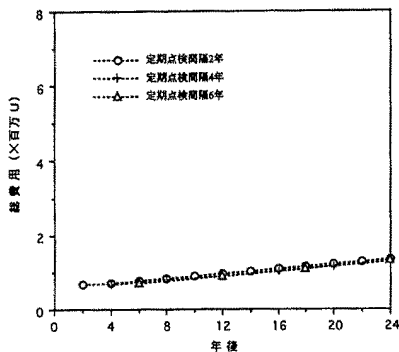


図-5 B以上補修の場合の定期点検間隔感度

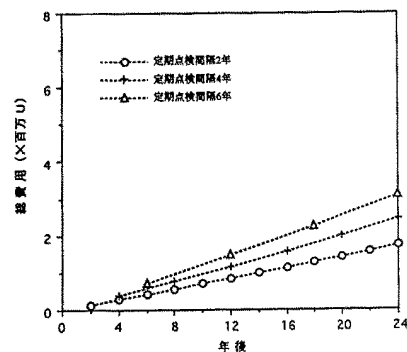


図-6 A以上補修の場合の定期点検間隔感度

6. おわりに 今回はBMSのプロトモデルを床版に適用して、橋梁維持管理の考察を行ってみた。今後さらに、床版設計基準と損傷遷移行列の関係、空間的相関、時間的相関について考察を深めたい。さらに橋梁全体に適用し維持管理の効率化について考察していきたい。

参考文献 1)水谷, 足立, 大矢, 「経年劣化構造物の維持補修計画最適化に関する研究」, JCROSSAR, 1995. 8