

## 香川県内市町管理橋梁における劣化予測曲線および維持管理水準の提案

香川高等専門学校 学生会員 ○齊藤暖  
香川高等専門学校 正会員 赤松紋奈  
香川高等専門学校 正会員 太田貞次

### 1. 序論

高度経済成長期に多数建設された橋梁の損傷事故が近年各地で発生しており、早急な対策が求められている。香川県内を見ると、全橋梁の約 77%を占める(支間長 2m 以上の橋梁が対象)市町が管理する橋梁で、平成 20 年 8 月時点ではほとんど点検調査が行われておらず、市町が管理する橋梁の老朽化対策が喫緊の課題となっているが、予算、技術者数、技術力が共に十分でない市町村管理橋梁では、その対応に苦労しているのが現状である。

本研究では、これら市町が管理する橋梁について現地再調査を行い、得られた損傷データを基に橋梁損傷劣化予測曲線を作成した。また、実際の損傷データを基に予防保全及び事後保全維持管理水準を設定し、香川県内市町管理橋梁の補修・補強対策時期を推定した。

### 2. 香川県内市町管理橋梁の現状

本研究では、香川県内における4市町(高松市、さぬき市、東かがわ市、綾川町)の管理橋梁計1,914橋を対象とした。対象橋梁中の特に損傷の著しい橋梁について再度現地調査を行い、損傷原因を推定するとともに、評価区分の見直しを行った。表-1に現地調査にて確認された損傷橋梁の一例を示すが、このように、市町管理橋梁には損傷が顕著で早急な補修・補強対策が必要なものが数多く存在することが分かった。しかし、今回対象とした市町における技術職員の数は平均して3人に満たない(香川県が約90名程度)。また、道路管理関連予算は、1億円以下であり、2,000万円～3,000万円以下の市町が約半数を占めている。このような状況下、市町が国や県と同レベルで十分な道路管理を行っていくことは到底不可能である。そのため市町に見合った維持管理水準を設け、限られた予算の中で適切に維持管理を行っていくことが重要となる。

### 3. 橋梁の損傷評価および健全度評価法の提案

市町の点検結果は香川県のマニュアルに則った簡易的なもので、損傷原因の推定や損傷状況の判定上十分なデ

表-1 市町管理橋梁損傷事例

|                                                                                    |         |                                                                                     |         |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 橋梁名                                                                                | 浜鎌野線1号橋 | 橋梁名                                                                                 | 御幸橋     |
| 竣工年                                                                                | 昭和47年   | 竣工年                                                                                 | 昭和29年   |
| 構造形式                                                                               | RC中実床版  | 構造形式                                                                                | RCT桁橋   |
| 部材名                                                                                | 床版下面    | 部材名                                                                                 | 主桁下面・側面 |
|  |         |  |         |

表-2 上部工における各評価区分に対する点数配分

| 評価区分 | (床版)ひび割れ   | 漏水・遊離石灰    | 剥離・鉄筋露出    |
|------|------------|------------|------------|
|      | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ |
| a    | 1.00       | 1.00       | 1.00       |
| b    | 0.90       | —          | —          |
| c    | 0.70       | 0.90       | 0.85       |
| d    | 0.40       | 0.75       | 0.60       |
| e    | 0.20       | 0.65       | 0.30       |

ータでない。現地再調査した橋梁だけでなく、それ以外の橋梁についても損傷写真を参考に、「道路橋マネジメントの手引き」に基づき損傷判定を見直すこととし、a(良)～e(悪)の5段階またはbを除いた4段階で損傷評価を行った。対象とした損傷項目は、(床版)ひび割れ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出の3項目であり、対象部材はコンクリート桁及び床版の上部工とした。

全対象橋梁について損傷評価の見直しを行った後、定量的評価を行うため、それぞれの評価項目に対して評価区分ごとに点数化を行い(表-2)、式(1)により各部材の健全度を算出した。

$$\text{健全度} = (\alpha_1 + 1) \times \alpha_2 \times \alpha_3 \quad (1)$$

$$0.23 \leq \text{健全度} \leq 2.00$$

ここに、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ はそれぞれ、(床版)ひび割れ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出における点数であり、各部材の健全度は3つの損傷が相互に関係していると考え、各項の乗算によって算出するものとした。

#### 4. 劣化予測方の提案及び維持管理水準の設定

本研究では以下の仮定のもとで劣化予測法を提案する。

- ① 橋梁の健全度は供用年数を重ねるにつれ二次曲線的に低下する。
- ② 同時期に建設された橋梁の健全度は供用年数に関わらず正規分布に従うものとする。
- ③ 劣化進行速度は個々の橋梁により異なり、ばらつきが生じるために、供用年数を重ねるにつれて橋梁健全度の分布幅は広がるものとする。

予測モデルには、単一劣化曲線モデルを用いることとする。また、本損傷劣化曲線と実際の橋梁の損傷状況を対応させ、維持管理水準を設定することで、橋梁の供用年数ごとの補修割合を予測することが可能である。

対象橋梁の損傷データを用いて、劣化曲線の作成等を行った。その際、供用年数を10年単位でグループ化し、それぞれを1つの橋梁群として扱うこととした。これらの橋梁データから橋梁群の平均健全度を取り出し、最小二乗法により損傷劣化曲線を作成するとともに、供用年数ごとの健全度の分布を併せて表示した(桁(図-1))。得られた損傷劣化式を式(2)、(3)に示す。式(2)は桁、式(3)は床版における損傷劣化式である。

$$y = -0.00027t^2 + 2 \quad (2)$$

$$y = -0.00024t^2 + 2 \quad (3)$$

ここに、 $y$ は健全度、 $t$ は供用年数である。損傷劣化曲線の考え方は、供用開始時は全く健全であるため、健全度は上限の2から始まり、供用年数を重ねるにつれ健全度は式(2)、(3)に従って二次曲線的に減少するというものである。両部材に大きな差異は見られず、健全度の分布も類似の傾向を示した。

本研究では損傷が比較的軽微な段階で随時補修を行う予防保全、損傷が進展した段階で大規模な補修補強を行う事後保全の2つの維持管理水準を健全度評価式を使って設定した。その際、維持管理水準は、それぞれ予防保全と事後保全の対象となる損傷事例を収集し、それらの健全度を平均することにより算出した。得られた予防保全管理水準及び事後保全管理水準は桁ではそれぞれ1.27, 0.44, 床版ではそれぞれ1.37, 0.51となった。また、予防保全管理水準及び事後保全管理水準に達する供用年数は、桁がそれぞれ供用開始後52年、76年であり、床版はそれぞれ51年、79年となる。

次に、図-1の供用年数ごとの分布における維持管理水準より下側の面積の割合をそれぞれ予防保全及び事後保

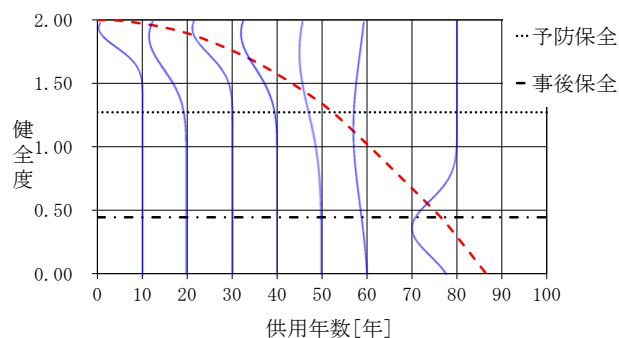


図-1 桁損傷劣化曲線及び健全度分布

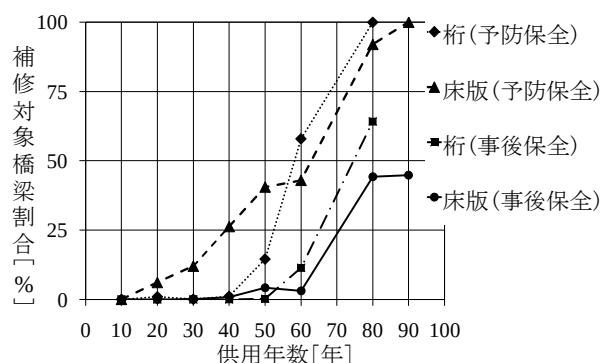


図-2 維持管理水準別補修対象橋梁割合

全対象橋梁割合とし、その推移を図-2として示した。

まず、予防保全対象橋梁の割合について見ると、桁は供用開始後40年程度までは、ほとんど補修の対象となっていないのに対して、床版では建設当初から補修対象割合が増加し、供用開始後40年までに約26%の橋梁が予防保全を要する結果に至った。これは、輪荷重による影響が床版では桁に比べ直接的にきいてくるため、早期から劣化が進行したことによると思われる。また、両部材とも供用開始後40～50年を経過すると予防保全対象橋梁割合が急激に増加する傾向が見受けられる。

一方、事後保全対象橋梁の割合では、供用開始後40年を超える辺りまでは、ほぼ0%で横ばいである。その後、50～60年を超える辺りから事後保全対象橋梁割合は予防保全対象橋梁割合と同じ傾きで加速度的に増加する。供用年数50年を区切りとして両部材共に、予防保全、事後保全のどちらも対象橋梁割合は増加する傾向にあり、また、その増加割合はほぼ等しい。これは、要予防保全対象橋梁が更に供用年数を重ねるにつれ順次、事後保全補修を要するまでの損傷に至っているということである。このことから、補修・補強対策を実施する場合、事後保全対象橋梁割合が急激に増加する供用開始後50～60年を経過する以前に行うのが効果的となることがわかる。