

# 環境条件を考慮した RC 床版の簡易劣化予測手法に関する研究

北見工業大学大学院 学生員 ○鈴木 広大 北見工業大学 フェロー 大島 俊之  
 北見工業大学 正会員 三上 修一 北見工業大学 正会員 山崎 智之  
 (財)北海道道路管理技術センター 正会員 竹田 俊明 (株)トピー工業 正会員 樋口 匡

## 1. はじめに

現在、北海道に点在する道路橋の包括的な橋梁維持管理システム（Bridge Management System : BMS）の実用化が急務となっており、開発が進められている。本研究では、これまで北海道で蓄積された点検データを基に、コンクリート床版を対象として BMS に用いる劣化予測手法の検討を行ってきた。床版の劣化に関しては、松井らの研究が著名であり、疲労の劣化プロセスが解明されている。しかし、積雪寒冷地である北海道においては、疲労に加え、凍結融解作用による劣化の進行なども報告されている<sup>2)</sup>が、劣化を促進する各影響因子と疲労との複合的な劣化進行メカニズムの解明には至っていないのが現状である。

そこで、本論では、既往の研究成果と疲労予測式に疲労劣化に影響を及ぼすと考えられる環境条件を考慮した劣化予測手法を提案するとともに、その予測結果を蓄積された点検データと比較することで、検討を行なった。

## 2. RC 床版の疲労劣化予測手法

松井らによる疲労予測式を式(1)～(3)に示す。また、予測に必要な床版諸元は、表-1の値を基本として用いた。

表-1 予測に用いた床版諸元

|        |                                    |
|--------|------------------------------------|
| 床版厚    | 200mm                              |
| 床版支間   | 3000mm                             |
| 配筋     | 主鉄筋 D19-125mm間隔<br>配力筋 D16-200mm間隔 |
| 設計基準強度 | 30.0N/mm <sup>2</sup>              |
| 適用示方書  | 昭和47年道路橋示方書                        |

$$T_f = N_f / N_{eq} \cdots (1)$$

ここに、 $T_f$ ：疲労寿命、 $N_f$ ：等価破壊回数、 $N_{eq}$ ：等価繰返し回数

$$N_f = 10^{\{ \log 1.520 - \log (P_0 / P_{sx}) \} / 0.07835} \cdots (2)$$

$P_0$ ：基本輪荷重(tf)、 $P_{sx}$ ：押し抜きせん断耐荷力(tf)

$$N_{eq} = \alpha^m \cdot (1 + i)^m \cdot (Q_{max} / Q_0)^m \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot N_i \cdots (3)$$

$\alpha$ ,  $i$ ,  $Q_{max} / Q_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ：各補正係数、 $N_i$ ：交通量、 $m$ ：S-N 式の傾き

また、予測の精度に大きな影響を及ぼす交通荷重データは、北海道札幌市で測定されたものを用い、床版の圧縮強度は著者らが反発度法により実測した値を用いた。既設橋から切り出した床版を用いて輪荷重走行試験を行った研究<sup>3)</sup>では、初期乾燥ひび割れの影響により、耐荷力が約15%低下すると報告されており、本予測でも図-1のS-N曲線に示すように、この減少率を考慮して、予測を行うものとする。

## 3. 予測結果と点検データの比較による予測手法の検討

### 3.1 予測結果と点検データの比較方法<sup>1)</sup>

疲労予測結果は、式(2)と式(3)の比により劣化度として表すことが可能となる。一方で橋梁点検により、床版ひび割れの指標は表-2に示すように劣化度が定められており、OK、IV、III、IIと判定される。これらのデータはBMSにおいて床版のパネル単位で評価され、データベース化されている。本研究では両者の劣化度の判定基準を同一にするため、図-1に示すように走行比と点検ランクの関連付けを行い、予測結果と点検データを比較する手法を用いている。なお、比較に用いた点検データは、床版ひび割れの損傷ランクを橋梁毎に平均した指標である。

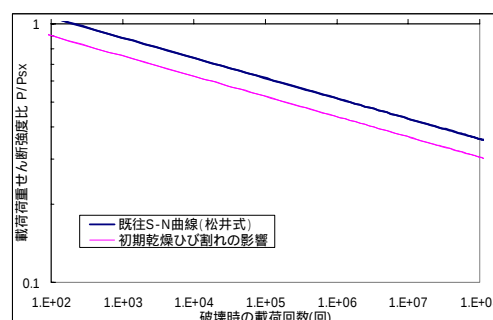


図-1 予測に用いた S-N 曲線

表-2 点検要領の判定基準

| 判定  | ひび割れパターン | ひび割れ幅       | 最小間隔   | ひび割れ密度               |
|-----|----------|-------------|--------|----------------------|
| OK  | 1方向      | 0.2mm未満     | -      | 4m/m <sup>2</sup> 程度 |
|     | 2方向      | 0.2mm未満     | 50cm以上 |                      |
| IV  | 1方向      | 0.2mm～0.3mm | 50cm未満 | 4～8m/m <sup>2</sup>  |
|     | 2方向      | 0.2mm～0.3mm | 50cm未満 |                      |
| III | 1方向      | 0.3mm以上     | -      | 8m/m <sup>2</sup> 程度 |
|     | 2方向      | 0.2mm～0.3mm | 50cm未満 |                      |
| II  | 1方向      | 0.2mm～0.3mm | 50cm未満 | 8m/m <sup>2</sup> 程度 |
|     | 2方向      | 0.3mm以上     | -      |                      |

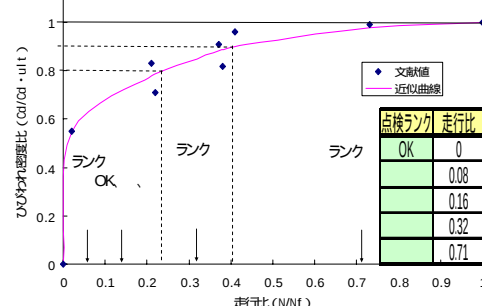


図-2 走行比と点検ランクの関係

キーワード RC 床版, 疲労, 劣化予測, 環境補正係数, 橋梁点検データ

連絡先 : 〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学 Tel.0157-26-9488 Fax.0157-23-9408

### 3.2 予測結果と点検データの比較

松井式による予測と初期乾燥ひび割れの影響を考慮した予測を図-2 に示す。これは、著者らが床版圧縮強度の測定を行った道東の国道橋 A 橋の予測である。同図の縦軸は累積  $N_{eq}$  と  $N_f$  の比であり、値が 1 になった時に床版が疲労破壊することを表す。また、横軸は予測における累積通過台数を表し、点検結果においてはデータベースから得られた各橋梁の日平均大型車交通量×供用日数を表す。図中の **damage-ave** とは、点検により損傷が発見されたパネルのランクを総和したものを、その損傷パネル数により除すことで、損傷の平均ランクをとった指標である。一方、**bridge-ave** は、損傷のない健全なパネルを考慮して橋梁全体のパネルのランクを平均した指標である。これは、点検を行う技術者が同一ではないため、点検結果にもある種のばらつきが生じることを考慮したものである。図を見ると、耐荷力の低下を考慮した予測(図中破線)は点検結果の範囲と概ね合致しているが、現段階では、疲労のみによる劣化を予測した結果であるため、疲労以外の影響を受ける実橋においては、予測は危険側に推移するものと思われる。なお、床版の圧縮強度は、その測定法の精度上の問題から、ばらつくことが予想される。しかし、S-N 曲線においては、強度の変化が寿命に大きな影響を及ぼすため、より精度の良い値が必要であり、さらなる検討が必要である。

### 3.3 予測精度の検討

本予測の精度を具体的に数値として示すために、反発度法により床版圧縮強度の測定を行った約 100 橋の予測を行った。さらに、図-2 に示すように、点検結果の範囲に予測結果が分布した場合を合致したものとみなし、適合率を算出した(表-3)。全体の適合率は約 6 割と低いものになったが、これは橋梁毎に異なるパラメータを同一で設定していること、圧縮強度の精度の低さなどが原因であると思われる。また、実橋においては橋梁毎に異なる環境条件に架設されており、その地域特有の劣化影響因子が働き、劣化を促進する可能性がある。そこで、本研究では予測精度向上を目的として、環境条件を考慮した予測手法を提案する。

### 4. 環境補正係数を考慮した劣化予測式

積雪寒冷地である北海道において、床版の劣化に現段階で影響すると思われる環境条件を表-4 に示す。劣化の進行を促す因子の影響を受ける橋梁に関しては、これらの影響因子を環境補正係数として松井式(2)に掛け合わせることで、床版の劣化予測を行う必要があるものとして次式を提案する。

$$N_f = C_E \cdot 10^{\wedge} \{ \log 1.520 - \log (P_0 / P_{sx}) \} \div 0.07835 \} \cdot \cdot \cdot (4)$$

ここに、 $C_E$ ：各劣化影響因子による環境補正係数

この環境補正係数は、現在判明している環境条件や要因毎の劣化促進程度を考慮して決定する必要がある。例として、水の影響に関して、既往の研究<sup>3)</sup>により、床版に水を張って輪荷重走行試験を行った結果、疲労寿命が約 1/40 に低下したとの研究報告を基に、橋梁架設地域における降雨日数や降雨量によって環境補正係数を決定する。水の影響以外の補正係数に関しては、講演当日発表する。

### 5. まとめ

本研究では、北海道における環境条件を考慮した RC 床版の劣化予測手法として、環境補正係数を用いた劣化予測手法を提案した。この環境補正係数に関しては、気象データなどを用いて総合的に決定するものであり、検討を進めていく考えである。また、現在列挙している因子以外にも検討すべき項目が多数存在するものと思われる。よって、今後の研究成果により、常に更新していくべき係数であることを付記する。

#### [参考文献]

- 1) 佐藤, 大島, 三上, 樋口: 点検データに基づく床版劣化の推定と BMS への応用, 構造工学論文集, Vol.51A, pp1147-1155, 2005.
- 2) 安達, 三田村, 藤川, 松井: 積雪寒冷地における RC 床版の耐久性向上に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 62 号, I -61.
- 3) 石井, 谷倉, 庄中, 國原, 松井: 23 年供用した RC 床版の損傷実態・残存寿命と維持管理との関係に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.537/ I -35, pp.155-166, 1996.4.

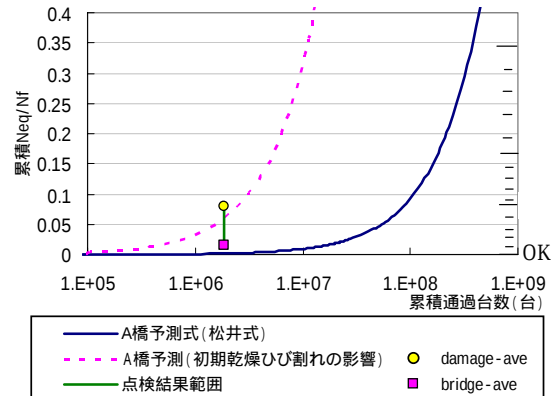


図-2 A 橋予測と点検データの比較

表-3 予測と点検データの適合率

| データ数 | 合  | 否  | 適合率(%) |
|------|----|----|--------|
| 108  | 65 | 43 | 60.2   |

表-4 劣化に影響する環境条件

| 各劣化影響因子 |           |
|---------|-----------|
| 雨水      | 海岸近傍の飛来塩分 |
| 凍結融解作用  | 凍結防止剤散布   |