

BMS のための実測による軸重分布と圧縮強度を考慮した RC 床版の劣化予測の検討

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
 (株)トピー工業 正会員 樋口 匡

1. はじめに

現在、我が国で架設されている橋梁の多くは、交通量の増加などの周辺環境の変化により、著しい損傷を持つ橋梁が年々増加し、補修等による延命化が急務となっている。このような背景から橋梁を包括的に維持管理するシステム（Bridge Management System : BMS）の研究開発が行われている。本研究は、これまで北海道で蓄積されてきた点検データ³⁾を基に、床版を対象として BMS に用いる劣化予測手法を検討している。床版の劣化に関しては、松井らにより疲労予測式が提案されているが、詳細な橋梁諸元が必要となるために、データ項目に限りのある BMS に応用することは困難である。また、そのパラメータの中でも、床版の圧縮強度と交通荷重が予測に大きく影響することが考えられる。以上のことから、本研究は松井らによる予測式に実測した床版の圧縮強度と軸重データを使用することで、予測精度にどの程度影響するのかを検討した。

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 の値を用いた。

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

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

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

P_0 : 基本輪荷重 (ton), P_{sx} : 押し抜きせん断耐荷力 (N)

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

$\alpha, i, Q_{max} / Q_0, C_1, C_2$: 各パラメータによる補正係数, N_i : 交通量

m : log-log 表示された S-N 曲線における傾きの絶対値の逆数

3. 橋梁上を通行する車両の軸重測定²⁾

疲労予測式に必要なパラメータである通行車両の軸重を、北海道札幌市内の国道橋である A 橋で測定した。測定方法は、床版下面に発生している橋軸直角方向のひび割れに π ゲージを貼付け、車両通過時のクラック開閉量を計測し、その測定データを解析することにより通行車両の軸重を算出する。

4. 疲労予測結果と点検データの比較による予測精度の検討

4.1 予測結果と点検データの比較方法^{1),5)}

疲労予測の対象となる指標は、等価に換算した破壊回数と累積走行回数による比で表される。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（予測と点検データ）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った。同図は縦軸にひび割れ密度比、横軸に走行比をとり、両者の関係を示す松井ら¹⁾の測定値に近似曲線をひいたものである。ひび割れ密度が一般に $10m/m^2$ で飽和することから、限界ひび割れ密度を $10m/m^2$ と仮定し、表-2 の判定基準に基づき破線により各ランクの領域を区分して、走行比と点検ランクを関連付けている。また、走行比は疲労予測の劣化指標で

表-2 点検要領の判定基準³⁾

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
IV	1方向	0.2mm未滿	-	4m/m ² 程度
IV	1方向	0.2mm~0.3mm	50cm以上	
IV	2方向	0.2mm未滿	50cm以上	4~8m/m ²
III	1方向	0.2mm~0.3mm	50cm未滿	
III	1方向	0.3mm以上	-	
III	2方向	0.2mm未滿	50cm未滿	
III	2方向	0.2mm~0.3mm	50cm以上	8m/m ² 程度
II	2方向	0.2mm~0.3mm	50cm未滿	
II	2方向	0.3mm以上	-	

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
	配力筋	D16-200mm間隔
設計基準強度	30.0N/mm ²	
適用示方書	昭和47年道路橋示方書	

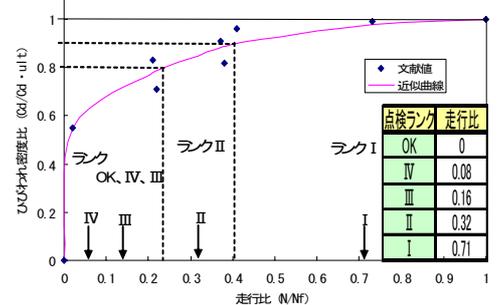


図-1 走行比と点検ランクの関係

キーワード RC 床版, 劣化予測, 橋梁点検データ, 軸重, 圧縮強度

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

ある累積 N_{eq} / N_f の比と等価であると考えてよいため、予測結果と点検データを比較する事が可能となる。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評価である。

4.2 軸重頻度分布の違いによる予測結果と点検データの比較

北海道の B 建設部における点検データと疲労予測結果を比較した例を図-2 に示す。予測には全国平均の軸重データ⁴⁾を用いた。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、点検データ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。なお、予測の範囲として床版の圧縮強度は 210, 300(kgf/cm²)の 2 通りの予測曲線を示す。その結果、点検データは概ね予測の範囲内に分布する。しかし、この予測は全国平均の軸重を用いた結果であり、北海道の橋梁の多くは軸重分布も全国平均より小さい地域に位置している。そこで、図-3 に A 橋で測定した軸重頻度分布を用いた予測を示す。同図は、図-2 と比較しても疲労寿命が大きく延びていることがわかる。また、点検データの多くは予測曲線よりも左側（危険側）に分布する結果となった。これは、疲労以外の劣化影響因子が複合的に影響している可能性がある。図-4 は A 橋の予測と点検データの比較結果である。A 橋は主要幹線道路に架設されており、環境条件としてはそれほど厳しい条件下ではないが、凍結防止剤散布量が多い地域であることが特徴として挙げられる。このことから、凍結防止剤散布により劣化が促進されたのではないかと考える。

4.3 圧縮強度の違いによる予測結果と点検データの比較

床版圧縮強度の測定方法には色々な方法が提案されているが、ここではシュミットハンマーを用いた方法により測定した。C 橋と D 橋における圧縮強度を測定し、劣化予測と点検データの比較結果を図-4 に示す。ともに北海道の網走管内に架設されている国道橋であり、それぞれ圧縮強度は 288, 265(kgf/cm²)を得た。C 橋と D 橋、両者ともほぼ予測曲線付近に点検データが分布しているのがわかる。これは、実橋による測定から得た正確な床版の圧縮強度を予測式に用いたことにより、予測精度が大幅に向上したものと思われる。このような比較的簡単な方法によって求めた圧縮強度を用いることで劣化予測の精度向上が可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、疲労予測に必要なパラメータに実測データを用いて疲労予測を行い、点検データと比較する事で予測の精度を検討した。その結果、疲労以外の因子との複合的な劣化により、予測よりも早期に劣化する傾向が得られた。また、実橋で測定した床版の圧縮強度を予測式に用いることで、予測の精度向上が見られた。今後、より多くの実橋において床版の圧縮強度を測定し、データベースへ蓄積していくとともに、予測を行い比較、検討を行っていく予定である。また、疲労以外の劣化影響因子（塩害、凍結融解作用、凍結防止剤散布）との複合的な劣化の検討が課題である。

[参考文献]

- 1) 松井, 前田: 道路橋 RC 床版の劣化度判定法の一提案, 土木学会論文集 No.374/ I -6, pp.419-426, 1986.10
- 2) 松井, El-Hakim: RC 床版のひび割れの開閉量による輪荷重の測定に関する研究, 構造工学論文集, Vol.35A, pp.407-418, 1989.
- 3) 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.
- 4) 国広, 朝倉, 井上: 設計活荷重に関する調査研究-交通実態と橋梁設計への適用-, 土木研究所資料 701 号, 昭和 46 年 11 月.
- 5) 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.

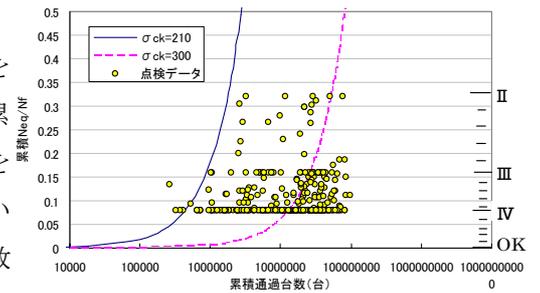


図-2 全国平均軸重による比較 (B 建設部)

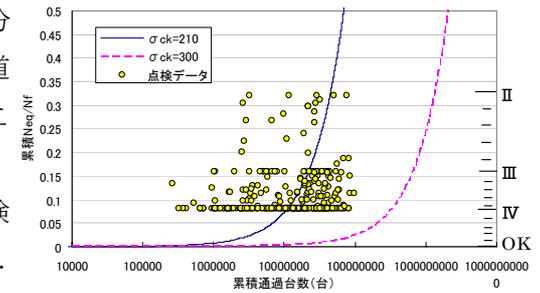


図-3 A 橋測定軸重による比較 (B 建設部)

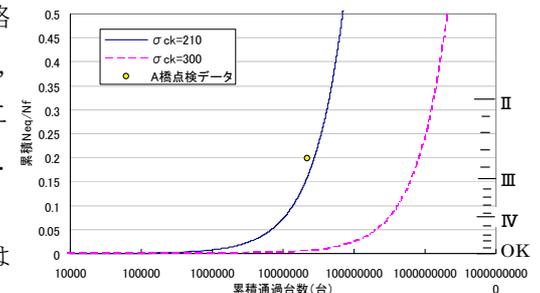


図-4 A 橋予測と点検データの比較

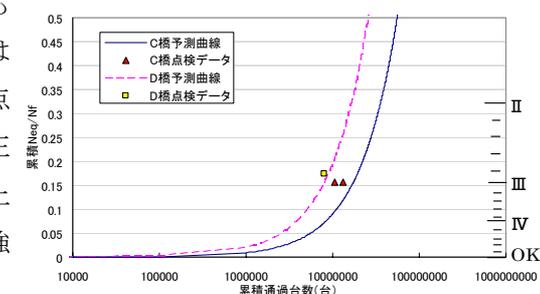


図-5 C 橋, D 橋予測と点検データの比較