

非破壊検査を用いた RC 床版における疲労寿命の簡易予測

北見工業大学大学院 学生員 ○高橋 広平 北見工業大学 正会員 山崎 智之
北見工業大学 正会員 三上 修一 北見工業大学 正会員 井上 真澄

1. はじめに

我が国に架設されている橋梁の多くは、高度経済成長長期に架けられ、それらは供用開始から 50 年程度経過する。現在では、インフラ長寿命化計画¹⁾が進められており、維持管理の重要性が高まっている。そこで、維持・修繕による橋梁の長寿命化が求められるが、定量的かつ効率的に行う方法は確立されていない。そのため、松井氏の提案式¹⁾により床版の疲労寿命を用いて橋梁の余寿命を算出し維持・修繕に役立てる研究が行われており、供用中の橋梁に対して非破壊検査を用いた床版の簡易劣化予測を行ってきた。しかし、その手法の特性上測定誤差に起因して疲労寿命の推定に差が生じる結果となった。

そこで本研究では、床版の簡易劣化予測におけるコンクリートの圧縮強度等の諸元が床版の疲労寿命に与える影響について検討を行った。

2. 床版の疲労寿命の算出方法

既往の研究により、RC 床版の輪荷重走行試験の結果に基づいた式²⁾を床版の疲労寿命予測に用いる。

$$\log(P/P_{sx}) = \alpha \cdot \log N + \log 1.520 \quad (1)$$

$$P_{sx} = 2B(f_v \cdot x_m + f_t \cdot C_m) \quad (2)$$

ここで、

P : 輪荷重 (kN)

P_{sx} : 梁状化した RC 床版の押し抜きせん断耐力 (kN)

α : S-N 曲線の傾き (異形: -0.07835²⁾, 丸鋼: -0.09121³⁾)

N : 終局状態の繰返し回数, B : 梁状化したときの梁幅 (mm)

f_v : 最大せん断応力度 (N/mm^2), $f_v = 0.656 \cdot f'_c{}^{0.606}$

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)

x_m : 引張側コンクリートを無視したときの中立軸深さ (mm)

f_t : 最大引張応力度 (N/mm^2), $f_t = 0.269 \cdot f'_c{}^{23}$

C_m : 主鉄筋のかぶり厚さ (mm)

床版の疲労寿命は式(1)の N を年間の交通量で除すことにより求められる。

3. 疲労寿命算出の影響因子

床版の疲労寿命算出では、コンクリートの圧縮強度や中立軸深さ、かぶり厚などが影響する。

f_v および f_t を求める際に用いるコンクリートの圧縮強度を機械インピーダンス法⁴⁾によって求める。これは、

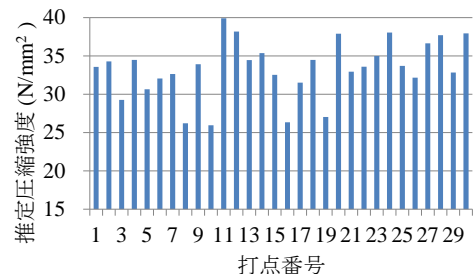


図-1 A 橋の推定圧縮強度

加速度計が内蔵されたハンマーでコンクリートの表面を打撃することで、圧縮強度を推定する方法である。

配筋状態や床版厚は建設当初の設計図がある場合については容易に確認できる。しかし、供用年が古い市道橋等では図面が残っていない場合があり、この場合は電磁波レーダー法によりコンクリート内部の配筋状態(鉄筋間隔、かぶり厚、使用鉄筋)を推定する方法がある。また、床版厚についても同様に推定する。

4. 簡易測定項目の測定誤差について

4.1 コンクリートの圧縮強度について

A 橋での測定結果により検討を行う。A 橋は 1980 年に供用が開始された、橋長 24.5m の単純支持鋼板桁橋であり、適用示方書は昭和 47 年道路橋示方書である。ここで A 橋の床版下面で打撃検査により求めた圧縮強度を図-1 に示す。これは計 30 の打撃点数で行い、1 打点あたり 25 回の打撃を行った結果であり、横軸は打点番号、縦軸は推定圧縮強度である。打点間での圧縮強度のばらつきが大きいことは図から明らかである。また、変動係数は全打点で 0.11 となる。このことから採用する圧縮強度による疲労寿命の算出結果への影響を検討する必要がある。また、機械インピーダンス法を用いた圧縮強度の推定ではコア採取による圧縮試験に比べ±15%程度の測定誤差が生じることが報告されている⁴⁾。

4.2 配筋状態について

配筋状態について実際に供用されていた橋梁(B 橋)から切り出した床版を用いて確認を行う。B 橋は 1963

キーワード: 床版, 疲労寿命, 非破壊検査

連絡先: 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL(0157)26-9471 (三上修一)

年に供用が開始された橋長 59.9m, 鉄筋コンクリート床版 170mm, アスファルト舗装 50mm の単純鋼溶接合成 I 桁橋であり, 適用示方書は昭和 31 年鋼道路橋設計示方書である. 切り出した床版において主鉄筋および配力鉄筋を電磁波レーダー法により解析した結果を図-2(a)に示す. 実際の配筋(図-2(b))の位置を比較すると, 配筋状態およびかぶり厚は概ね良好に推定できた.

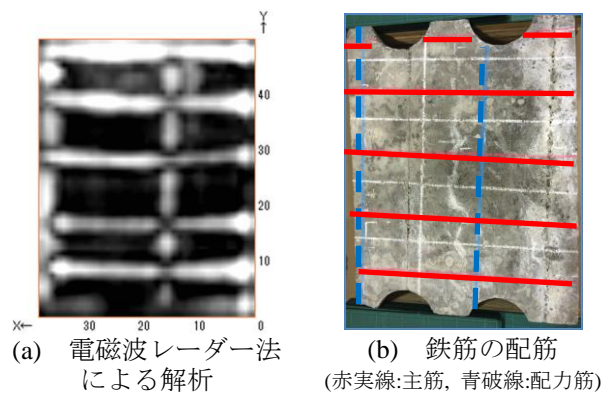


図-2 B 橋の配筋状態

5. 圧縮強度および床版厚, 使用鉄筋が疲労寿命に及ぼす影響

B 橋から切り出した床版を写真-1 に示す. これは, 凍害劣化により圧縮側の主鉄筋が露出したものである. このように, 圧縮側のコンクリートが力学的に機能していない場合があり, 実質的に床版厚が減少している. そこで, 式(2)において凍害劣化を想定し床版厚を減少させたときに疲労寿命に与える影響を検討した. また, B 橋は丸鋼鉄筋を用いた橋梁であるため, 使用鉄筋を変化させたときの影響についても検討した.

B 橋の諸元を参考に床版を設定し, 圧縮強度および床版厚, 使用鉄筋を変化させ, 式(1), (2)により算出される疲労寿命に与える影響を検討した.

床版におけるかぶり厚は 40mm, 主鉄筋径 19mm, 配筋間隔 100mm, 配力鉄筋径 16mm とし, 圧縮側の主鉄筋は引張側の 1/2 の配筋量とする. 床版厚は 180-200mm の範囲で 10mm 刻みに, 圧縮強度は 20-30N/mm² の範囲で 1N/mm² 刻みに変化させ, 鉄筋の配筋状態を変えずに, 使用鉄筋のみを変化させた.

床版の疲労寿命は, 圧縮強度が 3N/mm² 大きくなると, 約 210%程度に, 床版厚が 10mm 減少すると約 45%程度となった. 実橋梁への適用を考えると, 圧縮強度は破壊試験を用いてもばらつきを生じ, 非破壊検査ではさらにばらつきを持つ. そのため, 簡便でかつ床版に損傷を与えない非破壊検査を適用する際は, 測定誤差の影響が大きいため注意が必要であると言える.

圧縮強度および床版厚, 使用鉄筋を変化させたときの疲労寿命を図-3 に示す. 丸鋼鉄筋と異形鉄筋とで比較すると, 使用鉄筋以外の条件が同一の場合でも, 丸鋼鉄筋の寿命は異形鉄筋の 4-10%程度と耐久性の面で劣る結果となった. これは, 丸鋼鉄筋を用いた床版では異形に比べ鉄筋の付着力が減少し, 繰返し荷重に対して十分な耐久性を持たないためと考えられる. そのため, 使用鉄筋や適用示方書を事前に把握することが必要である.



写真-1 B 橋から切り出した床版

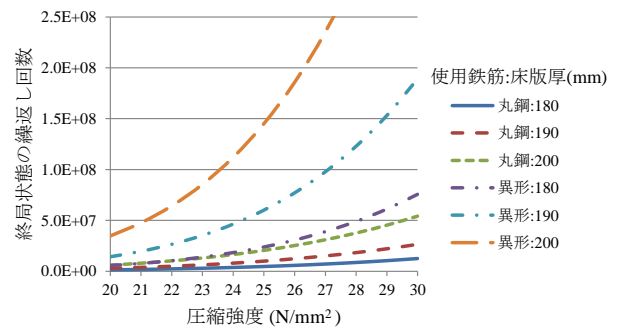


図-3 種々の条件における疲労寿命

全体の傾向としては床版厚が薄くかつ圧縮強度が小さいほど异形・丸鋼間での差は小さく, 床版厚および圧縮強度の増加に伴い异形の疲労寿命は増加の傾向が顕著に表れる. そのため, 圧縮強度が大きい場合は异形・丸鋼間での差が広がる結果となった.

6. おわりに

本研究では, 床版の簡易劣化予測として非破壊検査における測定誤差の範囲で, コンクリートの圧縮強度および床版厚, 使用鉄筋の形状が疲労寿命に与える影響について明らかとした.

【参考文献】

- 1) 国土交通省: 国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画), 2014.
- 2) 松井繁之: 道路橋床版 設計と維持管理, 森北出版株式会社, pp.47-55, 2007.
- 3) 赤代恵司, 三田村浩, 渡辺忠朋, 岸徳光: 丸鋼鉄筋を用いたRC床版の疲労特性に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.57A, pp.1297-1304, 2011.
- 4) 土木研究所, 日本非破壊検査協会: 非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の検査・点検マニュアル, pp.148-153, 2010.