

輪荷重走行試験による供用 50 年で架替えに至った 実道路橋 RC 床版の残存疲労耐久性評価

日本大学工学部 学生会員 ○中村 大志
日本大学工学部 正会員 子田 康弘
日本大学工学部 正会員 岩城 一郎
国土交通省東北地方整備局 小山田 桂夫

1. はじめに

近年、我が国の道路橋は、1960 年代の高度経済成長期に架設数が急増し、橋長 15m 以上を対象とすると、現在までに約 152,000 橋がストックとして存在し、一斉劣化が懸念されている。今後、対策が必要となる橋梁の増加が予想される中で、RC 床版の補修補強方法の選定や、取替え時期の判断を合理的に進める手法の確立が急務である。そのためには実道路橋 RC 床版の疲労耐久性の評価が重要になると考えられる。そこで本研究では、供用 50 年が経過し架替えに至った道路橋 RC 床版について輪荷重走行試験装置を用いた疲労試験を実施し、残存疲労耐久性の検討を行った。



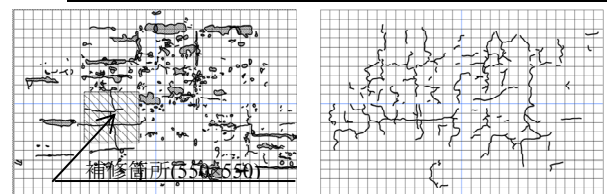
写真-1 対象橋梁全景

表-1 床版供試体の概要

供試体名	経過年数	供用時の状態	使用粗骨材	使用鋼材
取替え床版	7 年	取替え	砕石	異形鋼棒 (D19, D10)
原床版	50 年	下面部分補修	川砂利	丸鋼 ($\phi 16$, $\phi 13$)

2. 実験概要

実験対象とした橋梁は、国直轄国道の一般国道 4 号に架設されていた旧白河橋(写真-1)である。本橋は、1961 年より供用が開始された 5 径間単純鋼合成桁橋(4 主桁)であり、橋長が 160m、幅員が 8.9m であった。床版供試体は、橋軸方向に 3m、橋軸直角方向に 2m とする範囲を切り出したものである。実験条件は、供用から撤去までの 50 年間使用した竣工時の床版(以下、原床版)と、供用 43 年目に応急的な打換えを実施した中で一部床版において鉄筋自体も更新し取り替える状態になった床版(以下、取替え床版)の 2 体である。供試体の供用中の位置は、原床版が第 3 径間の中央付近、取替え床版については第 5 径間のジョイント付近という大型車の衝撃荷重を受けやすい位置であった。表-1 に、床版供試体の概要を示す。図-1 に、試験開始前の下面のひび割れ観察結果を示す。図より、原床版は、ひび割れの他にかぶりコンクリートがはく離する劣化(図中の網掛け部)が確認された。一方、取替え床版は、疲労荷重による軸直角方向のひび割れが進展しており、下面のひび割れ状況は状態 II(進展期)程度と判定された。輪荷重走行試験は、基本荷重を 98kN に設定し、既定の回数毎に荷重を 29.4kN ずつ増加させる段階荷重方式を採用した。供試体の支持条件は、軸方向(走行方向)の 2 辺を単純支持、軸直角方向の 2 辺を弾性支持とした。計測項目は、目標走行回数終了時点での供試体中央に 98kN を静的載荷した際の活荷重たわみと、供試体下面のひび割れ観察である。



(a)原床版

(b)取替え床版

図-1 下面ひび割れの発生状況(試験開始前)

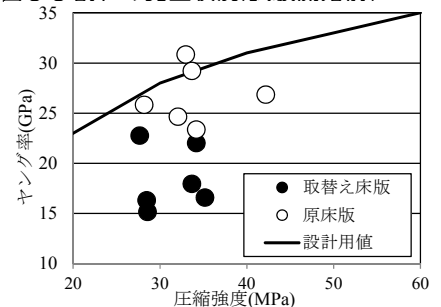


図-2 圧縮強度とヤング率の関係

3. 実験結果及び考察

図-2 に、供試体より採取したコアによる圧縮強度とヤング率の関係を示す。図中には圧縮強度とヤング率の設計用値を併せて示した。原床版は、圧縮強度が 33MPa から 40MPa の範囲にあり、ヤング率は供試体 3 体が設計用

値よりも低い値を示した。これに対して取替え床版は、圧縮強度 28MPa から 34MPa と原床版よりも低く、さらにヤング率は 15GPa から 22GPa と設計用値よりも明らかに低下した。このヤング率の低下は、疲労荷重に起因して原床版は 50 年間にも及び疲労の蓄積で徐々に低下し、取替え床版はジョイント付近という衝撃荷重による疲労損傷を受けやすい位置にあったことで急激にコンクリートが疲労劣化したためと推察された。

図-3 に、活荷重たわみと等価繰返し走行回数の関係を示す。図中には、比較のため当研究室で行った健全供試体(以下、健全)

の結果も併せて示す。まず、走行回数 2 回の活荷重たわみは、健全の 0.86mm に対し、取替え床版が 0.88mm と、床版厚(健全：160mm、取替え：平均 180mm)は異なるが同程度の活荷重たわみであった。これは、取替え床版のヤング率が低く、剛性の低下が要因と考えられた。一方、床版厚さが健全程度の方原床版は 1.42mm であり、明らかに大きい値を示した。これは、供用 50 年が経過し疲労による損傷が著しいためと考えられた。その後の活荷重たわみの変化は、両供試体とも走行回数の増加に伴い、徐々に増加する傾向を示した。疲労限界に達した走行回数は、取替え床版が走行回数 3200 万回、原床版が走行回数 230 万回であった。図-4 に、疲労限界時のひび割れ発生状況を示す。原床版には短小なひび割れが発生する傾向を示し、取替え床版では、試験開始前に発生していたひび割れが発達するように下面全体へ進展する傾向であった。下面のひび割れ進展の違いは、使用材料と引張り側の主鉄筋比疲労(原床版：0.46%、取替え床版：1.27%)の違いが影響を及ぼしたものと考えられた。

図-5 に、S-N 関係を示す。図中の実線と点線は、それぞれ異形鋼棒と丸鋼を用いた RC 床版の疲労寿命を推定できる既往の推定式^{1), 2)}である。推定式により余寿命を推定すると、原床版は、疲労寿命 1800 万回に対して余寿命 230 万回と短く、疲労限界に近い状態であったと判断される。一方、取替え床版は、疲労寿命 6 億 4700 万回に対して余寿命 3200 万回と、供用年数 7 年を考えれば余寿命が極めて短く疲労耐久性の低下が著しいと評価された。ただし、この評価は輪荷重走行試験に基づく余寿命評価である。実橋としての残存疲労寿命年数の推定には、対象橋梁の大型車交通量に加え、軸重占有率の測定結果が必要になるため、この評価は今後の課題とする。

4. おわりに

本研究では、供用 50 年で架替えに至った実道路橋 RC 床版の疲労耐久性を評価した。その結果、輪荷重走行試験に基づく残存疲労耐久性は、原床版の余寿命が短く架替えた時点で疲労限界に近い状態であったと判断された。一方、取替え床版は、供用 7 年であったが極端に余寿命が短く試算された。これは、ジョイント付近という衝撃荷重による疲労損傷を受けやすい位置であったことが主因と考えられ、このような部位に着目した設計、施工、維持管理における対策の重要性が示唆された。

謝辞：本研究は国土交通省東北地方整備局との共同研究により実施した。また、本研究の一部は科学研究費助成事業基盤研究(B)(課題番号 24360184、研究代表者：岩城一郎)により実施した。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1)松井繁之：橋梁の長寿命予測―道路橋 RC 床版の寿命予測―、安全工学、vol.30、pp.432-440、1996。

2)赤代恵司・三田村浩・渡辺忠昭・岸徳光：丸鋼鉄筋を用いた RC 床版の疲労特性に関する研究、構造工学論文集、vol.57A、pp.1297-1304、2011。

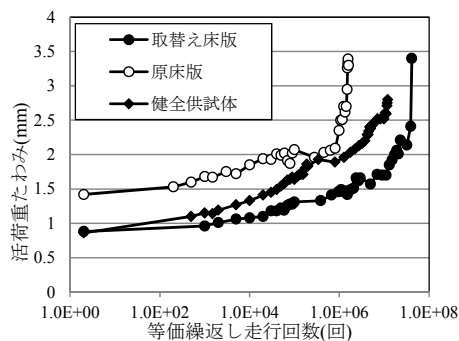


図-3 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

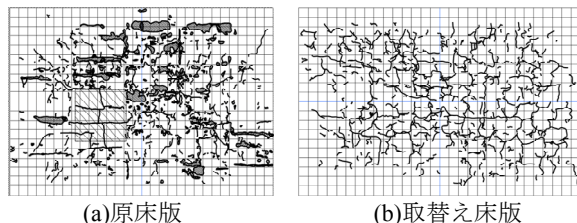


図-4 下面ひび割れの発生状況(疲労限界時)

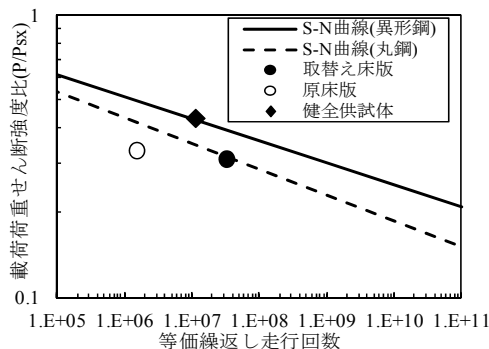


図-5 S-N 関係