# 積雪寒冷地におけるＲＣ床版の疲労耐久性向上について

北海道大学大学院工学研究科　正会員　○小野　貴之
北海道大学大学院工学研究科　フェロー　林川　俊郎
土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム　正会員　三田村　浩
大阪工業大学　フェロー　松井　繁之

## 1. はじめに

道路橋の RC 床版の劣化要因は，大型車両の輪荷重の繰り返し作用による疲労劣化が主たる要因とされ，それに加え床版に生じたひびわれに雨水が浸入すると疲労耐久性が著しく損なわれるといわれている．特に北海道においては，積雪寒冷な気象条件から起因する「凍害」や凍結防止剤散布による「塩害」の材料劣化を受ける過酷な状況にあるといえ，全国の都市圏に比べ交通量が少ないにも関わらず，毎年十数橋の床版打替えが行われている．

そこで本研究では北海道内の既設橋梁から切り出した床版と，それをモデルとして新たに製作した床版の輪荷重走行試験機による疲労実験を行い，積雪寒冷地特有の劣化作用を受けた床版の補修・補強による疲労耐久性向上（延命効果）について検討を行った．

## 2. 実験概要

### 2.1 輪荷重走行試験機

輪荷重走行試験機は，モーターによりフライホイールを回転させ，ロッドを介して走行輪を往復運動に変換させる仕組みとなっている．車輪部分は鉄輪またはゴムタイヤの装着が可能であるが，今回の実験では鉄輪を使用した．試験機は最大 300kN までの任意の鉛直荷重を載荷することができ，車輪の往復によって実橋床版の破壊形態である「押抜きせん断破壊」を再現することが可能である．

### 2.2 実験方法

実験の走行荷重は**図－1** に示す国土交通省の輪荷重走行試験で用いられている階段状荷重漸増載荷プログラムを採用し，初期荷重は 130kN とした．試験体の支持方式は，走行方向（長辺部）は 2 辺単純支持，支間方向（短辺部）は 2 辺弾性支持とし，実橋床版の 1 方向性を考慮した．また床版たわみの経時変化を調べるため，一定の走行回数において，輪荷重による静的載荷時および無載荷時のたわみを計測し，さらに製作床版においては，内部鉄筋のひずみ量を計測した．実験における「床版の破壊」の定義は，走行回数と変位量の関係グラフにおいて，勾配が急変し立ち上がる箇所としている．

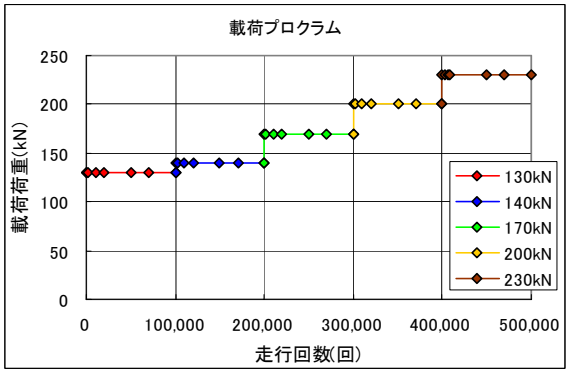


**図-1　荷重載荷プログラム**

### 2.3 試験体

試験体は，まず既設橋梁の床版として北海道内陸部で国道 39 号に架橋され，42 年間供用した開断面箱桁橋から切り出したものを使用した．この橋梁は，凍害危険度の分布図 [1)]によると最も高い 5 にランクされる位置に架橋されている．床版上面は広範囲にわたって凍害によるスケーリングが発生しており，切断面の上面かぶりコンクリートには層状の剥離箇所があり，鉄筋が露出している箇所も確認できた．（**写真－1**）床版下面のひび割れ幅は 0.1mm 程度であり，ひび割れから多数の遊離石灰が発生していた．この実橋床版からのコア採取による材料試験の結果では，アルカリ骨材の反応は確認されなかった．また中性化・塩分の浸透は確認されたが，床版の耐久性低下につながるような影響は受けていなかった．このことから，この床

**写真-1　砂利化した床版上面**

キーワード　積雪寒冷地，既設ＲＣ床版，疲労耐久性，輪荷重走行試験，延命効果
連絡先　〒060-0031　札幌市中央区北１条東１丁目 4-1　大日本コンサルタント㈱札幌営業所　ＴＥＬ011-271-5520

版が受けた凍害以外の環境劣化作用の影響は微少であり，劣化は水による影響に積雪寒冷地特有の凍結融解作用が加速させたものであると推測した．

一方，積雪寒冷地における補修・補強床版に関する補強効果の検証を目的に3体の試験体A，B，Cを製作した．Aを基準試験体とし，BとCは補修補強を施した試験体とした．試験体の設計は前述の既設橋の劣化した床版をモデルとし，上面の凍害による劣化損傷が 1cm 進行した状況を再現する床版（床版厚 t=17cm）とした．

試験体Bは補修効果を検証するための試験体であり，予備載荷で損傷区分ｃ～ｄ程度（ひび割れ密度 3～4m/m$^2$ 程度）の状態とし，走行部上面かぶりコンクリート 4cm をウォータージェットではつり，ジェットコンクリートにて 5cm の厚さに補修した．

試験体Cは補強効果を検証するための試験体であり，試験体Bと同様に上面をジェットコンクリートで補修し，さらに下面に補強材の隔間を広く取れ，床版の状況確認が可能なCFRPプレートを格子状に接着した．（**写真－2**）

↑ 実験前

実験後 →

写真-2　ＣＦＲＰの接着による補強状況

## 3. 実験結果および考察

実橋と実験での荷重の違いや輪荷重載荷幅の違いを補正する必要があるため，破壊までの走行回数を 150kN の一定荷重に補正し，さらに輪荷重試験機の輪幅を自動車の接地幅に換算したものを**表－1** に示す．

試験体Aと試験体Bの比較による床版の補修効果としては，換算破壊回数で 6.7 倍となった．これは床版上面をジェットコンクリートで補修することにより新設時の断面を確保し，輪荷重によるたわみを抑制することによりひび割れの伸展を遅らせ，換算破壊回数を増加させたものと考えられる．

試験体Aと試験体Cの比較による床版の補強効果としては，換算破壊回数で 93 倍となった．CFRP プレートでの補強によって，試験体Bよりもさらにたわみを抑制することができたことが要因であると推察される．

参考であるが，既設床版を採取した橋梁架橋位置近傍での大型車交通量（H11 交通センサス）および軸重頻度分布データ[2)]を用いて各試験体の余寿命を試算したものが**表－2** である．表中の「水の影響による補正」とは，試験体を水に浸して行った既往の実験によって得られた破壊回数の低減率である．床版が水に浸るような条件下では試験体A, Bの余寿命はそれぞれ 103 年と 1421 年となる．ただし，基準試験体である試験体 A は劣化した既設床版をモデルにして製作したものであったが，換算破壊回数を比べると既設①～③の 5～10 倍の差があるので，このことを考慮して単純に割り返すと，試験体A，Bの余寿命はそれぞれ約 10～20 年および約 140～280 年ということになる．

表-1　破壊回数の換算

| | 既設① | 既設② | 既設③ | 製作A | 製作B | 製作C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験での破壊回数（回） | 103,000 | 152,000 | 106,000 | 226,200 | 318,000 | 323,000 |
| 150KN換算 破壊回数（回） | 17,350 | 37,660 | 18,590 | 186,960 | 1,258,540 | 17,367,110 |
| 自動車接地幅に換算 破壊回数（回） | 238,280 | 518,060 | 255,490 | 2,568,910 | 17,318,080 | 238,979,330 |
| 比率 | 1/10.8 | 1/5.0 | 1/10.1 | 1.0 | 6.7 | 93.0 |

表-2　余寿命

| | 既設① | 既設② | 既設③ | 製作A | 製作B | 製作C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 自動車接地幅に換算 破壊回数 a（回） | 238,280 | 518,060 | 255,490 | 2,568,910 | 17,318,080 | 238,979,330 |
| 1年間の疲労輪数（センサス軸重ﾃﾞｰﾀ）b（輪） | 15,300 | 15,300 | 15,300 | 15,300 | 15,300 | 15,300 |
| 水の影響による補正 c | 1/ 10.99 | 1/ 10.99 | 1/ 10.99 | 1/ 10.99 | 1/ 10.99 | 1/ 10.99 |
| 余寿命 d=a/b（年） | 15.6 | 33.9 | 16.7 | 167.9 | 1,131.9 | 15,619.6 |
| 水の影響を考慮した余寿命 e=a/b*c（年） | 1.4 | 3.1 | 1.5 | 15.3 | 103.0 | 1,421.3 |

## 4. まとめ

製作床版（上面で 1cm 程度の凍害劣化と下面のひび割れ密度で 3～4m/m$^2$ 程度がある床版を再現）において，上面における劣化部除去とジェットコンクリートによる補修で換算破壊回数は 6.7 倍となり，CFRP 接着による補強ではさらにそれが 93 倍になった．これらの結果から本研究で実施した補修補強によって，RC 床版の疲労耐久性の向上がみられ，特に CFRP 接着による補強では一般的な供用年数を大きく超える延命効果が試算された．ただし，格子状に配置したシートで矩形に囲まれるコンクリート内での押抜きせん断破壊が生じないことが前提であり，シートの配置間隔については十分な留意が必要となる．

## 参考文献

1）長谷川寿夫ほか：「コンクリート構造物の耐久性シリーズ　凍害」技報堂出版，1988.

2）三田村浩，安達優，石川博之：橋梁床版を用いた車両軸重測定と測定データから推定した床版の残存寿命，寒地土木研究所月報 No637，pp2−16,2006.