

積雪寒冷地における既設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
(独) 土木研究所寒地土木研究所	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」といった材料劣化を受ける過酷な状況にあるという。

本研究では、北海道内の既設橋梁から切り出した床版をモデルとして劣化損傷を再現した床版を製作し、輪荷重走行試験機による疲労実験を行った。また、ジェットコンクリートによる補修やCFRPプレートによる補強を行ったものについても同様の実験を行い、補修・補強効果による疲労耐久性の向上を確認するとともに、CFRPプレートによる補強の寿命増加率について、定量的な検討を行った。

2. 実験供試体

実験の供試体となる床版のモデルは、昭和31年の鋼道路橋設計示方書で設計され、北海道内陸部で42年間供用されたものである。この床版の上面は、凍害の影響と見られるスケーリングが発生しており、手でコンクリートを剥がすことが可能なほど脆弱であった。また、下面のひび割れ幅は0.10mm～0.15mm程度、ひび割れ密度は2～6m/m²程度であり、ひび割れ箇所から多数の遊離石灰が発生していた。

この既設床版と同じスペックで3体の供試体(製作A, B, C)を製作した。ただし、既設床版に見られた凍害による床版上面の劣化損傷(砂利化)を再現するため、床版厚は上面のかぶりを1cm小さくした。また、予備荷重を行い、損傷区分c～d程度(ひび割れ密度3～4m/m²程度)の状態とした。

3体の供試体のうち、製作Aを補修・補強用の基準供試体としたため補修・補強を行わず、製作BとCはそれぞれ異なる方法で補修・補強を施した。Bは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。(写真-1) Cは製作Bと同様に補修した後、走行する輪荷重によるひび割れの伸展を抑制するための補強材としてCFRPプレートを床版下面に格子状に接着して補強した。(写真-2)



写真-1 ジェットコンクリートによる補修



写真-2 CFRPプレートによる補強



写真-3 輪荷重走行試験機

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, 補強効果

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(株)札幌営業所 TEL 011-271-5520

3. 破壊までの走行回数

各供試体の実験結果において、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車輪幅を大型自動車の車輪接地幅に換算した破壊回数を求めた。結果を表-1に示す。

表-1 各供試体の破壊回数

		製作A	製作B	製作C
実験での走行回数(回)		226,200	318,000	323,000
150kN・自動車接地幅に換算した破壊回数		2,572,650	17,318,080	238,979,330
比率	製作Aを1.0とした場合	1.0	6.7	92.9
	製作Bを1.0とした場合	-	1.0	13.8

4. CFRP プレートによる補強効果の検討

大阪大学の研究¹⁾では、連続繊維シートによる床版補強効果の定式化が試みられており、補強後の寿命増加率が定量的に求められている。本研究では大学の研究を参考にして CFRP プレートによる補強効果の定量的な検証を行った。

連続繊維シートによるRC床版の補強効果については、S-N式(松井式)²⁾を基に小林らにより、寿命増加率として算定する手法が提案されている。RC床版をCFRPシートによって補強した場合、①中立軸の深化による寿命増加(α_n)、②異方性度改善による寿命増加(α_q)、③ひび割れ面劣化の抑制による寿命増加(α_c)、の3つの寿命増加要因があり、床版全体としての寿命増加率を α_f とした場合、これらの関係は、(1)式のように考えられている。

$$\alpha_f = \alpha_n \cdot \alpha_q \cdot \alpha_c \quad \dots\dots\dots (1)$$

本研究では連続繊維シートを CFRP プレートに置き換えて α_n 、 α_q 、 α_c の計算を試みた。製作Bと製作CはCFRPプレートによる補強という条件のみが違い、製作Cは製作Bに比べて破壊回数は13.8倍であった。これに対し、 α_n 、 α_q を計算すると、 $\alpha_n=2.32$ 、 $\alpha_q=2.23$ となった。

一方、実験により得られた寿命増加率13.8は、 α_n と α_q の双方を掛け合わせた寿命増加率より大きい。この原因が補強によるひび割れ面の劣化抑制効果等であると考えられる。そこで(1)式より、寿命増加率の実験値 α_{exp} を $\alpha_n \cdot \alpha_q$ の積で除して、 α_n および α_q 以外の効果をひび割れ面の劣化抑制効果として寿命増加率 α_c を算出すると次のようになった。

$$\alpha_c = \alpha_{exp} / (\alpha_n \cdot \alpha_q) = 13.8 / (2.32 \times 2.23) = 2.67$$

5. まとめ

北海道内の供用橋梁から積雪寒冷地特有の劣化作用を受けた床版をモデルとした供試体を製作し、輪荷重走行試験機による疲労試験を行い、積雪寒冷地床版の疲労耐久性及び補修・補強効果について検討した。本研究のまとめを以下に示す。

- (1) 床版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、疲労寿命は6.7倍となった。これは新設時の断面をジェットコンクリートによって再生することで断面剛性が上がったことが要因であると考えられる。
- (2) CFRPプレートの接着による補強を行った床版では疲労寿命が93倍となった。CFRPプレートによって補強した場合の延命効果を3種類の効果に分けて考える理論に基づき、実験によって得られた寿命増加率13.8倍を中立軸の深化による寿命増加率2.32倍、異方性度改善による寿命増加率2.23倍、ひび割れ面劣化の抑制による寿命増加率2.67倍の積で表わすことができた。

参考文献

1) 蔡華堅：IMPROVEMENT OF RC SLAB FATIGUE DURABILITY BY FRP SHEET STRENGTHENING, 大阪大学大学院工学研究科博士論文, 2005.
 2) 前田, 松井：輪荷重移動装置による道路橋床版の疲労に関する研究, 第6回コンクリート工学年次講演会論文集, pp221-224,1984.