

(V-12) 床版下面増厚によるRC床版の補強効果の評価に関する検討

㈱千代田コンサルタント 正会員 引地 健彦*

日本道路公団 檜作 正登**

㈱千代田コンサルタント 正会員 肥田 研一*

奈良建設 正会員 佐藤 貢一***

1. はじめに

昭和40年代以降、鋼橋RC床版の疲労損傷が報告され、疲労損傷に対して種々の補強方法が提案され延命対策が実施されている。供用後約30年が経過し、通行車両の大型化、走行車両の増加等により遊離石灰を伴う二方向ひび割れが発生していた鋼橋RC床版に、ポリマーセメントモルタル（以下、PCMと記す）を使用した吹き付けによる床版下面増厚補強を施した。本橋はランプ橋であり、長期の車線規制を伴う上面からの補強対策を行なうことは困難であるため床版下面からの対策工である床版下面増厚工法を採用した。本工法による床版補強効果を検討するため、静的載荷試験結果と解析結果を用い、補強前後に行なった応力頻度計測結果を等価な輪荷重頻度に換算し、応力頻度計測期間における疲労損傷度の累積値（以下、疲労損傷度と記す）を算出し補強効果の評価を試みた。

2. 試験・計測概要

本橋は6主桁の単純鋼合成鉄桁橋である。応力頻度計測を一般車走行下で既設床版の上下主鉄筋について行い、別途行なった静的載荷試験では補強鉄筋、PCM下面ひずみ、床版相対変位も計測した。応力頻度計測を行なう鉄筋は4ゲージ法でゲージを貼付し気温による影響を防いだ。応力頻度計測は三日間連続して行ない、データはレインフロー法で処理し記録した。

3. 解析モデル

補強前後に行なった応力頻度計測結果より疲労損傷度を算出し補強効果を検討するため、本橋を補強前後についてそれぞれモデル化し有限要素法による解析を行った。コンクリートの弾性係数は床版より採取したコア試験結果を、PCMの弾性係数は補強工事時の材料試験値を用いた。解析モデルの床版はひび割れによる剛性低下を考慮して異方性版とした。橋軸直角方向床版は、コンクリートの引張応力に抵抗する領域を剛性にも有効な高さとして考慮した剛性低下断面（以下、剛性低下断面と記す）とし、橋軸方向は、主桁との合成作用により全圧縮となると仮定し、全断面が床版剛性に有効とした。橋軸直角方向は、床版剛性に寄与するコンクリート断面の有効高さを仮定し、解析より床版に作用する断面力を求め、断面計算を行ない補強前の静的載荷試験結果で得られた既設床版下面主鉄筋ひずみと対応するまで繰り返し計算を行った。床版の有効高さまではコンクリートが引張り力にも抵抗すると仮定し、最終的に床版の有効高さを13cmとした時に計測で得られた主鉄筋ひずみと計算によるひずみがほぼ一致した。補強後の床版の橋軸直角方向断面は、既設床版の有効高さ13cmと補強部分（PCMも含む）を有効とした。

4. 応力頻度計測と疲労損傷度

疲労損傷度は、応力頻度分布、S-N線図とマイナー則を用いて表すことができる。輪荷重のような押し抜きせん断を引き起こす荷重によるRC床版のS-N線図は、載荷荷重Pを床版（はり状となった床版）のせん断耐荷力 P_{sx} で無次元化した荷重と疲労寿命の関係で表されている²⁾。床版補強後のせん断耐荷力は、下面増厚部材を既設コンクリートと同等に評価（増厚後の厚さとし補強鉄筋も考慮）して求めた。図1に補強前後に得られた3日間の合計の応力頻度分布を示す。疲労損傷度は、床版のS-N線図をもとに、作用輪荷重が確定できれば求められるが、応力頻度計測からは床版の曲げによる応力頻度分布が得られる。このため、この応力頻度分布をもとに作用輪荷重の頻度を推定することとした。前述の繰り返し計算により床版厚さを決定した解析モデル用い、補強前後に行なった静的載荷試験で既設床版内下面主鉄筋ひずみが比較的大きかつ

キーワード：RC床版、下面増厚、載荷試験、頻度計測、疲労損傷度

連絡先：*〒102-0072 東京都千代田区飯田橋3-3-7 ㈱千代田コンサルタント 構造保全部 Tel.03-5214-1043 Fax.03-5214-1052

**〒511-0854 三重県桑名市大字蓮花寺字鍋谷608-2 日本道路公団桑名管理事務所 Tel.0594-23-3561 Fax.0594-23-1310

***〒222-0002 横浜市港北区新横浜1-13-3 奈良建設（株）技術研究所 Tel.045-475-6060 Fax.045-473-3287

たケースについて、解析より求めた曲げモーメントと、計測より得られた鉄筋ひずみの関係を求めると図2に示すようになる。図2には、計測値とその線形回帰直線および標準偏差幅を記している。また、補強前後の解析モデルに単位輪荷重を載荷した計算を行ない、単位荷重あたりに発生する曲げモーメントを求めた。単位荷重と曲げモーメントの関係から、応力頻度計測より得られた頻度分布を輪荷重と等価な荷重分布へ換算した。図2の線形回帰直線から得られた輪荷重の頻度分布を図3に示す。頻度計測中の交通量調査から、実際の荷重については不明であるが、大型車および小型車の交通量については補強前後でそれほど差が無いことを確認しているが、図3の頻度分布では、同じ荷重に対する補強後の作用頻度がやや多くなる結果となった。これらより算出した疲労損傷度の値を表1に示す。同じ荷重分布を用い算出した疲労損傷度は、補強によるせん断耐力の増加だけが変化の要素となり、補強後の値は補強前の約1/100となっている。補強前後でそれぞれ推定した荷重分布を用い算出した疲労損傷度は、補強後が補強前の約1/3となった。1/3程度しか減少しなかったのは、補強後の荷重頻度が補強前と比べ、若干ではあるが増加していることによると思われる。

5. まとめ

疲労損傷を受けた床版に下面増厚補強を施し、補強効果の確認試験を行い、応力頻度計測結果を静的載荷試験と解析結果からの輪荷重頻度分布への換算を試みた。得られた荷重頻度から補強前後の疲労損傷度を算出し、補強後の疲労損傷度は補強前と比べ約1/100～1/3に減少する結果が得られた。補強前後でそれぞれの荷重頻度を用いた場合疲労損傷度が約1/3程度しか減少しなかったのは、応力頻度を換算して求めた補強後の荷重頻度が、補強前の荷重頻度と比べ増加していることによるためと思われる。しかし、荷重分布を推定した際の方法、例えばモデル化の誤差、実験値の誤差あるいは換算方法自体にも改善の余地があると思われる。また、補強後床版については、補強を施した床版のS-N線図を用いるべきと思われる。これらの問題を改善し、より適切に床版の疲労損傷を評価することが今後の検討課題と考えている。

<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：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.9, No.2, pp.627-632
- 3) 前田、松井：鉄筋コンクリート床版の押ばきせん断耐力の評価式、土木学会論文集、No.348/V-1, pp.133-141(1984.8)

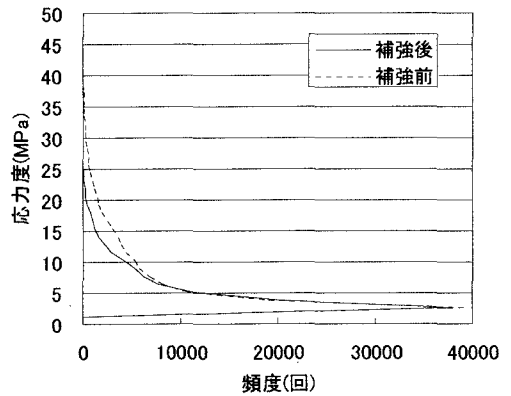


図1. 補強前後の応力頻度分布

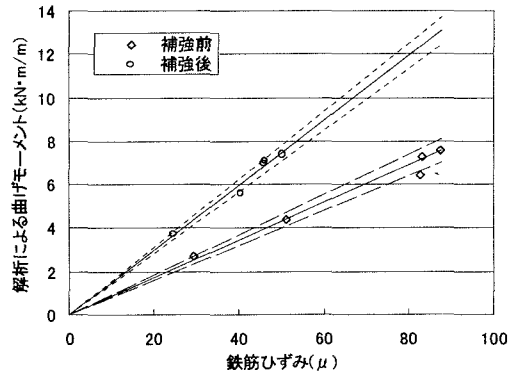


図2. 曲げモーメントとひずみの関係

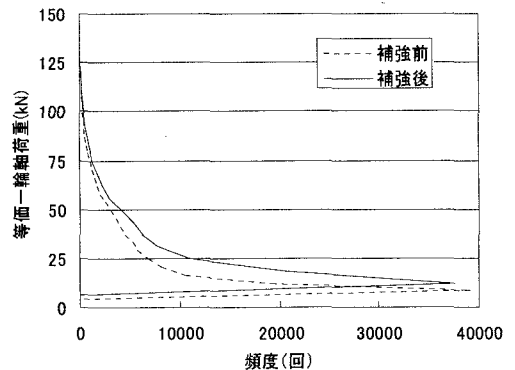


図3. 等価一輪軸荷重分布

表. 1 疲労損傷度

	補強前耐力	補強後耐力
補強前荷重分布	6.68×10^{-7}	5.16×10^{-9}
補強後 "	2.96×10^{-6}	2.28×10^{-7}