

劣化したRC床版の二次補修法に関する耐疲労性および破壊形状

日本大学 正会員 高野真希子, 日本大学 阿部 忠, 木田哲量
日鉄コンポジット(株) 小森篤也, 鹿島道路(株) 伊藤清志

1. はじめに

国土交通省では、老朽化する道路橋の増大に対応するために「橋梁長寿命化修繕計画策定事業」が進められている。これにともない地方公共団体が管理する支間 15m 以上の橋梁を対象に点検が実施され、修繕計画が進められている。道路橋 RC 床版の延命化を図る補修・補強技術については多くの研究機関により研究が進められ、一次補修・補強対策が実施されてきた。しかし、二次補修・補強法における耐疲労性の評価に関する研究および技術開発はあまり行われていないが現状である。そこで本研究は、47 年間供用された千葉県の旧銚子大橋の RC 床版を用いて、二次補修・補強を施した場合の耐疲労性を評価した。この RC 床版は、既に一次補強として鋼繊維補強コンクリート (SFRC) により上面増厚補強された床版であることから、二次補修・補強法として炭素繊維ストランドシート(CF ストランド)による底面接着補強を施した場合の耐疲労性および破壊状況について検証した。

2. 供試体概要

(1) 銚子大橋の主な補修経歴 旧銚子大橋の床版に関する主な補修・補強経歴を表-1 に示す。RC 床版に関する主な補修経歴は、供用開始から 23 年間後の 1985 年にひび割れ損傷対策および耐荷力の向上を目的とした床版全面に SFRC 上面増厚補強が施された。その後、床版下面には塩害対策、床版正面には止水対策、さらには RC 床版の一部打換が施され、47 年間供用された。

(2) 供試体寸法および使用材料 旧銚子大橋の RC 床版は、床版支間 190cm、床版厚 16cm であり、1985 年に上面を 2cm 切削後 SFRC を 8cm 上面増厚したことから床版全厚は 22cm である。本実験供試体は、床版撤去時に幅 160cm に切断されたことから、供試体寸法を 160cm×160cm とする。よって、本供試体は、支間を 140cm とし、SFRC 上面増厚部を 4cm 切削して、床版全厚を 18cm とした。鉄筋には丸鋼が使用されており、主鉄筋はφ 16mm が 125mm、配力筋はφ 13mm が 250mm 間隔で配置されている。ここで、RC 床版供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。

3. 供試体の劣化状況および二次補強方法

(1) ひび割れ状況 旧銚子大橋の RC 床版は、1985 年に SFRC 上面増厚が施されたが、既存床版部と増厚界面ではく離が生じるなどの損傷が生じ、2007 年に一部打換えが行われた。本研究の供試体は 2007 年に一部打換えられ、その後約 3 年間供用された床版であり、既存 RC 床版部は 47 年間供用された床版である。ここで、本供試体底面のひび割れ状況を写真-1 に示す。写真-1(1)、(2)ともに 0.2mm 程度のひび割れが 2 方向に発生し、ひび割れ密度はそれぞれ 9.14m/m²、9.24m/m² となり、いずれも劣化予測では加速期に相当するものである。

(2) CF ストランド補強法 本供試体は、既に一次補強として SFRC 上面増厚補強が施されていることから、二次補強法は死荷重が軽減でき、施工性に優れている CF ストランドを用いた底面接着補強を実施する。CF ストランドは目付量 600g/m²、厚さ 0.333mm、引張強度 3,400N/mm² である。ここで、補強手順を図-2 に示す。写真-1(2)に示す二次補修用 RC 床版供試体の底面をコンクリートサンダーで研磨し、表面を平滑に仕上げる (図-2, 1)。その後、長さ 130cm、幅 10cm の CF ストランドをエポキシ系樹脂接着剤により 10cm 間隔で主鉄筋方向に接着する (図-2, 2)。次に、配力筋方向にも同様に接着して格子状を形成する (図-2, 3)。

表-1 RC 床版に関する補修経歴

補修年度	種別	内 容	経 緯
1962年(昭和37年)		供用開始	
1982年(昭和57年)～ 1985年(昭和60年)	床版補修	床版上面増厚 (SFRC) 80mm厚	ひび割れ損傷
1987年(昭和62年)～ 1991年(平成3年)	床版補修	床版下面にポリマーセメントランニング	塩害対策
1995年(平成7年)～ 1998年(平成10年)	床版補修	床版下面にアクリル系ランニング 床版一部打換	塩害対策(機能低下) ひび割れ対策
2001年(平成13年)～ 2005年(平成17年)	路面補修	コンクリート路面の目地に止水対策	止水対策
2007年(平成19年)	路面補修	コンクリート路面の部分的な打換	舗装の亀裂および止水対策

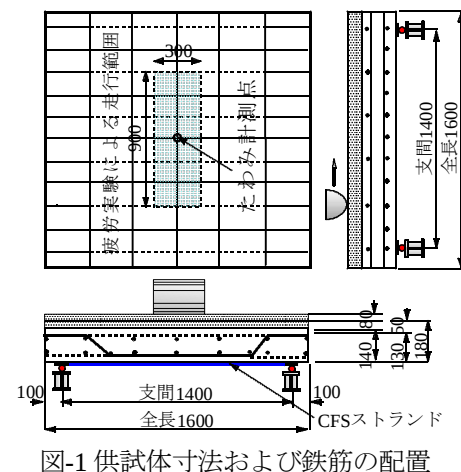
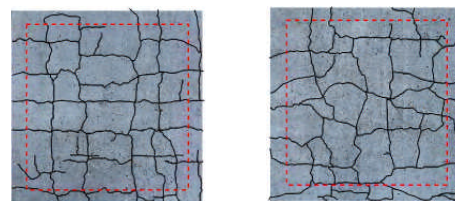


図-1 供試体寸法および鉄筋の配置



(1) 残存耐力評価用 (2) 二次補修用
写真-1 RC床版底面のひび割れ状況

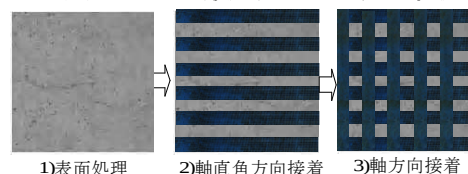


図-2 CF ストランド補強方法

キーワード：銚子大橋, RC 床版, 二次補修・補強法, CF ストランド補強法, 走行疲労実験
連絡先 〒 275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2459

ここで、残存疲労耐力の評価に用いる RC 床版供試体(写真-1, (1))を RC-F、二次補修を施す供試体(写真-1, (2))を RC.S-F と称する。

4. 実験方法および等価走行回数

(1) 輪荷重による走行疲労実験 走行疲労実験は、床版中央から両支点方向に 450mm の範囲に輪荷重を繰返し走行させる実験である。荷重は、140kN までは 2 万回走行ごとに 20kN、140kN 以降は 10kN ずつ増加させる。初期荷重は、残存耐力評価用 RC 床版供試体は 80kN、CF ストランド補強を施した RC 床版供試体は 100kN とした。

(2) 等価走行回数の算定 走行疲労実験では、2 万回走行ごとに荷重を増加したことから等価走行回数を算出して耐疲労性を評価する。輪荷重走行による等価走行回数は、マイナー則に従うと仮定すると式(1)で与えられる。S-N 曲線の傾きの逆数 m には、松井らが提案する S-N 曲線の傾きの逆数 12.7 を適用する²⁾。なお、現行示方書を基準とした場合、本実験装置の輪荷重幅は 30cm であり、実車両の 60 %に相当することから、基準荷重は活荷重 100kN の 60 %の 60kN に安全率 1.2 を乗じた 72kN とする。

$$N_{ep} = \sum_{i=1}^n (P_i/P)^m \times n_i \quad (1)$$

ここで、 N_{ep} ：等価繰返し走行回数(回)、 P_i ：載荷荷重(kN)、 P ：基準荷重(=72kN)、 n_i ：実験走行回数(回)、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数(=12.7)

5. 結果および考察

(1) 等価走行回数 式(1)より算出した等価走行回数および破壊モードを表-2 に示す。RC 床版供試体の等価走行回数に比して、CF ストランド RC 床版供試体は 31 倍の等価走行回数となった。したがって、本供試体は一次補修に SFRC 上面増厚を施していることから、二次補修・補強として底面に CF ストランド補強を行ったが、等価走行回数も向上して耐疲労性が向上した。

(2) 破壊状況 走行疲労実験終了後の破壊状況を図-3 に示す。2007 年に一部増厚打換えを行った RC 床版供試体は、RC 床版部と SFRC 増厚部の界面ではなく離が広範囲に拡がり、最終的には押抜きせん断破壊となった。CF ストランド補強 RC 床版供試体は、CF ストランドによりひび割れが抑制され、破壊時には CF ストランドがコンクリートとともに押し抜かれる押抜きせん断破壊となった。なお、破壊時においても CF ストランドの破断は見られない。

(3) たわみと等価走行回数 たわみと等価走行回数の関係を図-4 に示す。RC 床版および SFRC 増厚 RC 床版は、たわみが床版支間 L の $1/400$ を超えた付近で補修・補強を施す必要があるとの結果が得られているが³⁾、本 RC 床版および CF ストランド補強 RC 床版供試体に関しても、たわみが床版支間 L の $1/400$ (=3.5mm) を超えた付近から急激に増加する。したがって、たわみの増加傾向から判断した場合、たわみが床版支間 L の $1/400$ を超えた付近で 3 次補修・補強を施す必要があると考える。なお、たわみが床版支間 L の $1/400$ 付近の等価走行回数を比較すると、RC 床版供試体が 1.0×10^6 回に比して、CF ストランド補強 RC 床版供試体は 163×10^6 回と約 163 倍となる。したがって、CF ストランド補強 RC 床版供試体は RC 床版供試体に比して、大幅にたわみの増加が抑制されており、CF ストランドによる補強効果が検証された。

6. まとめ

①本研究に用いた旧銚子大橋の RC 床版は、1985 年に SFRC 上面増厚され、2007 年に一部打換え後約 3 年間供用された床版であり、47 年間供用された RC 床版である。RC 床版底面のひび割れ状況は、0.2mm 程度のひび割れが 2 方向に発生し、ひび割れ密度は 9.2m^2 となり、劣化予測では加速期に相当するものである。

②等価走行回数は、RC 床版に比して CF ストランド補強 RC 床版は 31 倍となり、二次補修・補強対策として底面に CF ストランド補強を施したことにより等価走行回数も向上し、耐疲労性が向上した。

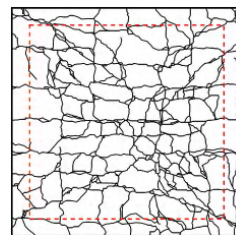
③たわみと等価走行回数の関係の関係では、たわみが床版支間 L の $1/400$ (=3.5mm) を超えた付近から急激に増加する。したがって、たわみの増加傾向から判断した場合、たわみが床版支間 L の $1/400$ を超えた付近で 3 次補修・補強を施す必要があると考える。また、CF ストランド補強 RC 床版供試体は RC 床版供試体に比して、大幅にたわみの増加が抑制されており、CF ストランドによる補強効果が検証された。

謝辞：旧銚子大橋の床版を実験材料として提供して下さいました千葉県海浜地域整備センター銚子事務所に付記して感謝の意を表します。

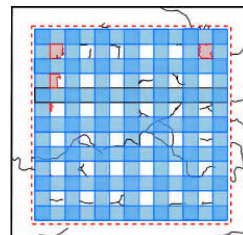
参考文献 1)日本道路橋会：鋼道路橋設計示方書、1956。2)松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理、森北出版、2007。3)高野真希子ほか：輪荷重走行疲労実験における RC 床版 SFRC 上面増厚補強法の耐疲労性、構造工学論文集 Vol. 56A, pp.1259-1269, 2010。

表-2 等価走行回数および破壊モード

供試体	等価走行回数(回)	走行回数比	破壊モード
RC-F	6,507,951	—	押抜きせん断破壊
RC.S-F	203,405,779	31.3	押抜きせん断破壊



(1) RC 床版



(2) CF ストランド補強 RC 床版

図-3 走行疲労実験後のひび割れ状況

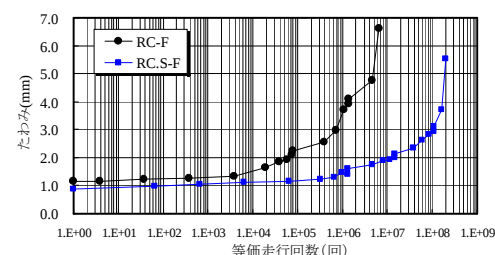


図-4 たわみと等価走行回数の関係