

道路橋RC床版の一次、二次補強法における耐疲労性の評価

日本大学大学院 学生員 ○勝呂 翔平 日本大学 正会員 阿部 忠, 木田 哲量
鹿島道路(株) 正会員 伊藤 清志 新日鉄マテリアルズ(株) 正会員 小森 篤也

1. はじめに

近年、道路橋の予防保全型維持管理を実施するために「道路橋長寿命化修繕計画」が策定された。これによると、道路橋部材のなかで最も損傷が著しいのは RC 床版である。損傷 RC 床版に、その下面から炭素繊維シート (CFS) 接着補強を施し、その後、二次補強として鋼繊維補強コンクリート (SFRC) による上面増厚補強を行う補強法の 100 年間の維持管理計画が立案されている。しかし、現状においては、一次補強における耐疲労性の評価は行われているが、二次補強における耐疲労性の評価はあまり行われていないのが現状である。そこで本研究では、RC 床版に与えた疲労損傷に一次補強として SFRC 上面増厚補強、二次補強として CFS 下面接着補強した場合と、一次補強に CFS 下面接着補強、二次補強に SFRC 上面増厚補強した場合の耐疲労性を評価し、RC 床版の維持管理計画の手法を確立する一助とする。

2. 使用材料

(1)RC床版 供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mm の粗骨材を使用した。また、鉄筋は SD295A, D13 を使用した。コンクリートの圧縮強度は 30N/mm^2 である。

(2)SFRC 上面増厚コンクリートには、SFRC を用いた。SFRC の設計基準強度は、材齢 3 時間で 24N/mm^2 とした。その配合条件は、超速硬セメントと最大寸法 15mm の粗骨材および長さ 30mm の鋼繊維を混入量 100kg/m^3 (1.27vol.%) とした。また、SFRC と RC 床版との界面には、付着性を高めるために接着剤を用いた。

(3)CFS 本実験に用いる CFS には、目付量 200g/m^2 、設計厚 0.111mm の連続繊維シートおよびプライマー、CFS 用の接着剤を用いた。この、CFS の材料特性は引張強度が $4,420\text{N/mm}^2$ 、弾性係数は 235kN/mm^2 である。

3. 供試体寸法および補強方法

(1)RC床版 供試体の全長は 1,600mm、支間 1,400mm、床版厚 150mm、鉄筋は複鉄筋配置とした。引張側の軸直角方向および軸方向に D13 を 120mm 間隔で配置した。その有効高さは、それぞれ 125mm, 112mm とした。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。

(2)補強方法 異なった 2 種類の補強を施した供試体を製作した。まず、供試体 RC 床版に応力を履歴させた後に、一次補強は SFRC 上面増厚補強、二次補強には CFS 下面接着補強とした。供試体名を RC-S-C とする。次に、一次補強には CFS 接着補強、二次補強には SFRC

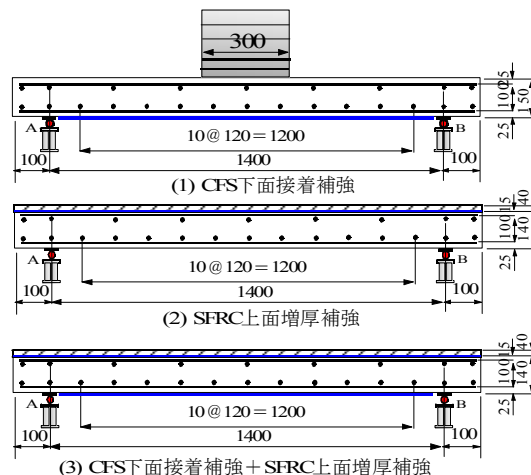
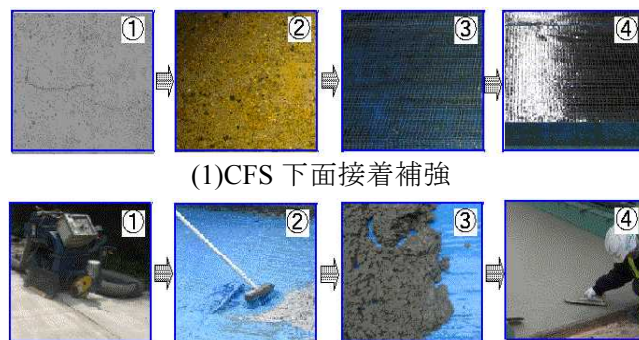


図-1 供試体寸法および鉄筋配置



(2)SFRC 上面増厚補強

図-2 CFS および SFRC 補強法

上面増厚補強とした。供試体名を RC-C-S とする。CFS 下面接着補強および SFRC 上面増厚補強における施工手順を図-2 に示す。CFS 下面接着補強では、床版下面の不陸を修正し、プライマーを塗布した後 CFS を軸直角方向および軸方向に各 1 層貼り付けする。また、SFRC 上面増厚補強では、床版上面を切削・研掃後、エポキシ系接着剤を塗布して、SFRC による上面増厚補強した。

4. 実験方法

(1)RC床版の疲労実験 RC 床版供試体のたわみが床版支間 L の $1/400$ に達するまでの疲労実験を行う。荷重条件は、荷重 100kN で 2 万回走行し、その後、荷重 120kN に増加させて走行させ、破壊に至るまで走行を行う。

(2)一次補強・二次補強後の疲労実験 一次補強および二次補強した RC 床版には、荷重は 100kN , 120kN , 140kN で 2 万回走行し、その後は 2 万回走行ごとに 10kN 増加させる。一次補強における疲労実験は、たわみが床版支間 L の $1/400$ に達するまで実験を行い、二次補強後の疲労実験は供試体が破壊に至るまで、荷重増加と

キーワード RC 床版, SFRC 上面増厚補強, CFS 下面接着補強, 輪荷重走行疲労実験

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

走行を行う。

(3)等価走行回数 本実験における走行疲労実験は、2万回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。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。なお、式(1)における 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¹⁾。

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

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数(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. 実験結果および考察

(1)等価走行回数 本実験による等価走行回数を表-1に示す。道路橋示方書²⁾に準拠して製作した無補強供試体 RC 床版の破壊時の等価走行回数は $14,39 \times 10^6$ 回となった。RC-S-C の等価走行回数の合計は $8,361.77 \times 10^6$ 回となり、RC-C-S では $9,292.15 \times 10^6$ 回となり、それぞれ、無補強供試体 RC 床版の等価走行回数に比して 581 倍、645 倍となった。

(2)たわみと等価走行回数の関係 たわみと等価走行回数の関係を図-3 に示す。無補強供試体 RC 床版はたわみが支間 L の $1/400$ を超えた付近から増加が著しい。供試体 RC-S-C は、SFRC 上面増厚補強後のたわみが支間 L の $1/400$ に達した時点で、CFS 下面接着補強による二次補強をした。たわみは各補強時の残留たわみ値を初期値とした。次に、供試体 RC-C-S も同様に、RC 床版のたわみおよび一次補強後のたわみが支間 L の $1/400$ に達した時点で SFRC 上面増厚補強した。両供試体ともに支間 L の $1/400$ を超えた後、たわみの増加が大きくなっている。

(3)破壊状況 本実験におけるひび割れ状況を図-4 に示す。供試体 RC-S-C におけるたわみが支間 L の $1/400$ に達した時点のひび割れ状況は、輪荷重走行範囲の鉄筋配置位置に軸直角方向および軸方向の 2 方向のひび割れが発生している。その後、SFRC 上面増厚補強し、たわみが支間 L の $1/400$ に達した時点で、2 方向のひび割れがさらに進展している。二次補強の CFS 下面接着補強した後の破壊状況は、輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。破壊した位置から 45 度底面はダウエル効果の影響を受けて CFS がはく離している。次に、供試体 RC-C-S は、支間 L の $1/400$ に達した時点では、輪荷重走行範囲の鉄筋配置位置に軸直角方向および軸方向の 2 方向のひび割れが発生し、供試体 RC-S-C に比して、ひび割れがやや多く発生している。その後、CFS 下面接着補強後のたわみが支間 L の $1/400$ に達した時点では、CFS のはく離は見られない。次に、二次補強の SFRC 上面増厚補強を施した後は、輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。なお、両供試体ともに破壊時において CFS の破断は見られない。

表-1 等価走行回数

供試体	等価走行回数			合計
	破壊時および $L/400$	一次補強 ($L/400$)	二次補強(破壊)	
RC床版	14,391,598			14,391,598
RC-S-C	9,179,338	297,458,010	8,055,139,233	8,361,776,580
RC-C-S	9,179,995	364,877,876	8,918,094,405	9,292,152,276

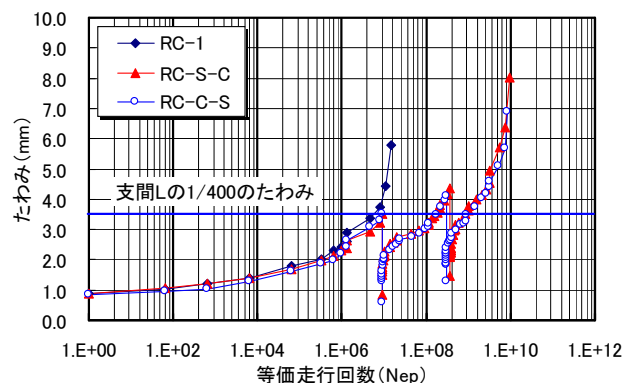


図-3 たわみと等価走行回数の関係

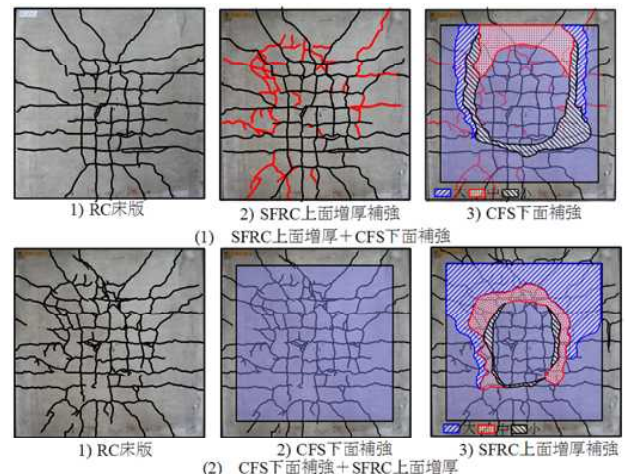


図-4 破壊状況

6. まとめ

① RC 床版に輪荷重走行による応力履歴を与えた後、一次補強に SFRC 上面増厚補強、二次補強に CFS 下面接着補強した場合、一次補強に CFS 下面接着補強、二次補強に SFRC 上面増厚補強した場合、いずれも耐疲労性が向上した。

② 本実験では、たわみが支間 L の $1/400$ に達した付近で一次補強および二次補強を行った。いずれの補強後においても急激なたわみの増加は見られない。したがって、たわみが床版支間 L の $1/400$ 時点付近で補強対策の検討が必要となる。

③ RC 床版が 2 方向のひび割れが発生した後、SFRC 上面増厚補強、CFS 下面接着補強することで RC 床版を 100 年間維持管理することが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I，II，III (2004)