

FRP を用いた道路橋 RC 床版補強の現状と長寿命化対策

A study of countermeasure for long life of RC road-bridge slabs of FRP reinforcement.

小森篤也*, 小林朗*, 阿部忠**, 元燦豪***

Atsuya Komori, Akira Kobayashi, Tadashi Abe, Chanhon Won

* 新日鉄マテリアルズ株式会社 社会資本材料事業部 技術部(〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-8)

** 博(工), 日本大学教授 生産工学部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

*** 日本大学大学院, 生産工学研究科土木工学専攻 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

In this study, a deterioration prediction after the reinforcement becomes the problem on drawing up an extension of bridge life repair plan. Therefore we showed the present conditions of the reinforcement method using the FRP materials including the various continuous fiber sheets. The loading wheel experiment in a RC bridge slabs, evaluated the reinforced floor fatigue characteristics. I used two kinds of continuous fiber sheet of the normal carbon fiber sheet which assumed quantity of the reinforcement equivalence and CFSS carbon fiber strand seat developed newly, and the consecutive fiber sheet reinforced it and carried out an evaluation. Loading wheel tracking experiment, a reinforcement effect was confirmed. We considered it concerning the longevity after it had reinforced it by those outcome.

Key Words: FRP reinforced method, Load wheel tracking experiment, Fatigue resistance.

キーワード: FRP 補強工法, 輪荷重走行疲労試験, 耐疲労性

1. はじめに

道路橋 RC 床版のひび割れ損傷に対する補修・補強材として、炭素繊維シート（以下、CFS とする）やアラミト繊維シート（以下、AFS とする）などの繊維補強材料（Fiber Reinforced Polymer, 以下、FRP とする）が使用され、施工実施も多くみられる。FRP による補修補強対策は、鋼板接着補強工法などに比して大型機械などが基本的に必要なく、また施工が容易であることから、現在も積極的に活用されている。とくに最近では、地方公共団体が実施している道路橋長寿命化修繕計画における RC 床版の延命化を目的として FRP による補強法が提案されている。そこで本研究では、RC 床版底面を炭素繊維シート（以下 CFS とする）及び炭素繊維ストランドシート（以下、CFSS とする）により接着補強した供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、CFS および CFSS 補強による耐疲労性を評価した。また、道路橋 RC 床版の補修・補強対策に対応し得るべき各種 FRP 材料と工法・仕様を取りまとめ、橋梁長寿命化修繕計画の一助とするものである。

2. 道路橋 RC 床版の損傷状況

現在、地方公共団体が実施している道路橋長寿命化修繕計画における橋梁点検結果によると、RC 床版は橋梁部材の中で最も損傷が多い部材であり、修繕対象となる橋梁部材の 40% から 50% を占めている。ここで、道路橋 RC 床版の破損状況の一例を写真-1 に示す。写真左は、重車両交通の多い地域の橋梁伸縮継手付近の床版であり、2 方向のひび割れが確認される。また、ひび割れ損傷と同時に伸縮継手から漏水した雨水の浸透により、遊離石灰が発生している。写真右は、車両出口側の伸縮継手付近の RC 床版であり、格子状のひび割れと遊離石灰の発生が見られる。これらの 2 方向のひび割れが発生している RC 床版の補修・補強には、たわみの抑制効果、耐荷力性能および疲労性能の向上が図られる CFS や AFS などによる補強法が採用されてきた。そして、床版下面補強には、鋼板を床版下面に貼り付け設置する鋼板接着工法などが使用されてきたが、床版上面からの雨水等の浸入やその浸入水による RC 内部でのすり磨き等により、長期間の使用に際して十分な耐久性を有していなかったことも報告されている。ここで、鋼板接着による床版抜け落ちの例を写真-2 に示す。ひび割れから浸入した雨水が、鋼板によって溜まりやすい構造になり、そこで凍結融解が繰り返されたことにより床版が破壊された¹⁾。すなわち床版上面から浸入した水は滞



写真1 RC床版下面のひび割れ損傷



写真2 鋼板接着補強床版の抜け落ち例
留すると床版に影響を及ぼすとされる。

3. RC床版補強の基本的な考え方

橋梁長寿命化対策における維持管理性は、維持管理を行う期間全般で想定される損傷に対する損傷メカニズムとそれらの発生部位を明らかにし、これに対応した維持管理計画を策定する必要がある。したがって、損傷度に応じた補強や工法を的確に選定する必要がある。

(1) 損傷部位と損傷メカニズム

維持管理の前提として、損傷メカニズムの把握が重要である。RC床版の損傷段階は、既往の研究によると、以下のように示される。RC床版の損傷において最大の問題は、活荷重による床版本体のひび割れ発生が、床版自体の耐荷力を低下させる現象である。ここで、RC床版の損傷メカニズムと対策工法を表-1に示す。

潜伏期では、ひび割れは主として1方向のみで、最小ひび割れ間隔が概ね1.0m以上、最大ひび割れ幅が0.05mm以下から一部に0.1mm以上のものも存在する。進展期には、ひび割れ間隔が0.5m程度で格子状直前のひび割れであり、ひび割れ幅は0.2mm以下が主であるが一部に0.2mm以上も存在する状態である。加速期では、ひび割れ間隔は、500mmから200mmで格子状に発生し、ひび割れが貫通しており、荷重の載荷により摺り磨き作用が生じる。ひび割れ間隔は、0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる。その後の荷重の載荷により、ひび割れ幅は0.2mm以上に進展し、連続的な角落ちが生じている状態である。劣化期では、床版の一部抜け落ち等が生じ、床版の打ち換え等が必要となる場合がある。

(2) 対策工法の選択

補修・補強の対策工法は、損傷メカニズムに基づいて最も合理的な方法を選択する。表-1に示す損傷メカニズムに基づいた対策工法は、潜伏期の状態に至る主たる原因が、コンクリートの乾燥収縮であることから、遊離石灰が発生している場合を除き、継続的な点検を必要とする段階である。また、2

方向ひび割れが生じている進展期では、大半のひび割れが貫通していないひび割れであることから、下面からのCFS接着補強などによる曲げ補強が効果的となる。一方、貫通ひび割れが進行した加速期では、せん断強度の低下が始まっていると考えられることから、床版上下両面の補強対策も考えられる。この際には、床版上面には上面増厚補強、下面にはCFSやCFSS接着補強が効果的である。

4. FRP材料による床版下面接着補強法

2方向ひび割れが生じている進展期以降の補強対策として、本報ではFRPを用いた床版補修補強工法について報告する。基本的な考え方は、車両通行などの荷重により、正曲げ領域にある床版の曲げをFRPの引張耐力より拘束し、FRPの引張剛性により床版引張鉄筋の引張応力分担を軽減させ、橋梁RC床版の活荷重曲げを抑制する工法である。

(1) FRP材料の種類

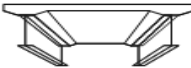
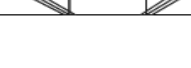
FRP材料は、常温で硬化する成形性の優れた各種樹脂をマトリックスとし、補強材として各種の繊維を用いた複合材料である。FRPを用いた補強材は、その繊維に施工現場で接着剤を含浸硬化させる現場含浸型の連続繊維シート、工場で含浸硬化させた板材を接着剤で床版下面に貼り付けるプレート型やプレート緊張工法、すだれ状連続繊維FRPシートを現場にて接着剤で貼り付け施工するCFSS型、工場でメッシュ様相に加工したFRPをモルタル等で貼り付ける格子筋型に大きく分類されている。写真-3に各種材料を示す。また、以下に各種型式による特長を示す。

- 1) プレート型：高弾性品プレートを使用することにより適切剛性となる床版補強は可能であるが、接着面積が50mm幅程度と少ないため、終局時には端部応力集中による剥離が懸念される。高強度型では多層貼り付けが必要となる。出来型は、格子貼りの出来型となる。
- 2) CFS/CFSS型：1層当たりの引張弾性率が高く、格子貼りでも施工が可能である。また全面施工も可能である。CFSSの場合の施工工程は、一番短工期である。
- 3) 格子筋型：施工方法がモルタル固定で、鉄筋入り下面増厚と同じ施工方法となるため、施工面全面がモルタルで覆われることとなる。

(2) FRP材料の特性

FRP材料は、高い引張強度と高い引張弾性率を兼ね備え、かつ、施工後錆の心配がなく、軽量で補修補強工事が容易となり施工の優位性もある。FRPを含む補強材の仕様設計は、基本的にRCの設計法に準拠され、鉄筋の引張剛性の不足分を補うものとして設計される。その設計は、昭和39年の鋼道路橋設計示方書³⁾の床版を、現行の道路橋示方書⁴⁾（以下、道示とする）B活荷重対応の床版に補強することも可能である。一般的に使用されている施工方法によるFRPの補強工法の種

表-1 RC床版の損傷メカニズムと対策工法²⁾

損傷メカニズム			ひび割れによる評価・判定	対策工法
潜伏期	① 版として挙動		[ひび割れ間隔と性状] ひび割れは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 [ひび割れ幅] 最大ひび割れ幅が0.05mm以下（ヘアークラック程度）	定期的な点検
	② 並列梁状クラック		[ひび割れ間隔と性状] 1.0m～0.5m、一方向が主で直行方向は縦、かつ格子状でない [ひび割れ幅] 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する。	
進展期	③ 二方向曲げクラック		[ひび割れ間隔と性状] 0.5m程度、格子状直前のもの [ひび割れ幅] 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する。	曲げ補強（繊維シート接着、下面増厚、縦桁増設）
加速期	④ 貫通クラック		[ひび割れ間隔と性状] 0.5m～0.2m、格子状に発生 [ひび割れ幅] 0.2mm以上がかなり目立ち部分的な角落ちも見られる。	曲げ・せん断補強（上面増厚・鋼板接着、アンダーデッキ、及びこれらの併用）
	⑤ 摺り磨き発生		[ひび割れ間隔と性状] 0.2m以下、格子状に発生 [ひび割れ幅] 0.2mm以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	
劣化期	⑥ 抜け落ち発生			床版打ち換え

維材料の代表的な性能を表-3に示す。なお、補強材の剛性EAは、繊維断面積(A)×引張弾性率(E)により求められる。

FRPによる床版補強は、設計された必要剛性になるまで積層を繰り返し施工され、既往の研究では、昭和39年鋼道路橋設計示方書の床版に必要な剛性は82kN/m必要との報告もある⁹⁾。ただし、施工方法は多種存在し、現場の施工環境などにより適宜選定されてきた。ここで、施工方法や環境温度と性能による接着剤の使い分けを表-4に示す。厳冬期等、施工場所などにより適切な施工用養生（加温など）および接着剤の選定が必要になる。

(3) FRP材料を使用した下面接着施工手順

FRPを使用した床版補強法の代表的な例として、CFSを床版下面に接着する工法が多く施工されている。施工断面を図-1に示す。

施工手順は、はじめに下地のケレンを行う。施工下地のコンクリート床版は、永年供用されて少なからず損傷していることが想定される。下地の具体的損傷としては、ひび割れ及び遊離石灰の発生、鉄筋の露出、ジャンカ等の空隙部、表面のかぶり面からのコンクリート剥落、飛来塩分および上面から供給される塩分等による鉄筋の錆び爆裂等が考えられる。いずれの状況であれ、適切な補修が行われて初めて補強の効果が発揮できるものと考えられ、FRP補修補強工法では、補修材の付着に影響する塗装等も、撤去しなくてはならない。下地コンクリートの圧縮強度が低い場合には、期待する引張材（FRP）の定着（付着）よりも先に下地コンクリートの破壊が発生し、期待された曲げ剛性向上が得られないこともある。したがって、補強を行う際には床版の下地処理が重要となる。次にプライマーを塗布する。不陸修正を行う。FRP材料を接着する。また、格子型を使用する場合には、下地のケレン後、格子筋をアンカーにより固定し、モルタルの吹きつけを行う等の各工程を経て、補修補強の工法とされている。類と繊維種について表-2に示す。また、その際に使用する繊維

(4) FRP下面接着補強の実施工

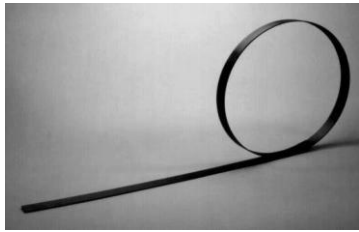
1) CFSを使用した下面接着補強例：FRP材料を使用した床版下面接着補強例として、首都高速道路での施工例を示す。この橋梁の床版は、補強材料として、中弾性型CFSを使用し、橋軸方向と橋軸直角方向の2方向の床版下面全体にCFSを格子状に接着して補強を行った。この際のCFS剛性は82kN/mであった。

また、CFS表面には長期耐久性を求める為に、耐候性塗料を塗布する。施工工程を図-1に示す。この場合には、CFSを床版下面に格子状に接着したことから、補強後の点検方法は、CFSの隙間からひび割れ進展等の状況、CFSの状況観察を目視にて行われるのが、一般的である。

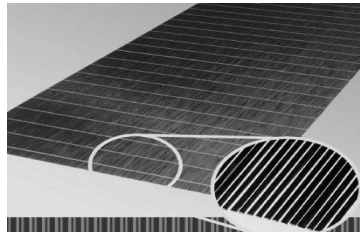
2) 格子筋型FRPを使用した下面補強例：FRP材料を使用した下面接着補強例として、福岡県の名島橋での施工例を示す。この橋梁は、1933年に建設された橋梁であり、土木学会推奨土木遺産に認定されている橋梁構造物で補強を実施した。材料としては、CFRP格子筋を使用し、モルタル吹きつけにて補修されている。施工断面を図-2に示す。格子筋型FRP補強工法は、モルタルで仕上げるため塗装等は施されず、景観的には見た目に補修前と大きく変化がないため、本件の様な歴史的建造物の補修にも最適である。施工後の点検方法は、目視等により行われるのが、一般的である。

5. CFSおよびCFSS底面接着補強法の耐疲労性の評価

前述のように、補強工法は確立されているが、補強後の耐疲労性の評価および材料による補強効果の差異に関しては十分検証されていない事も現状である。そこで、連続繊維シート補強後の耐疲労性の評価および材料による補強効果の違いを検証し、損傷度による工法の選定方法、各種材料による材質・性能の差異と事後点検の可否、再補修の適合性・可能性についても併せて明らかにする必要がある。



1)プレート型



2)CFSS型



3)格子筋型

写真-3 各種連続繊維シート材の外観形状

表-2 繊維シート形状と特徴

種類	繊維種類	目付量等/枚
現場含浸型	CF/AF/GF	200g~600g/m ²
プレート型	CF	1000g/m ²
CFSS型	CF/AF	600~900g/m ²
格子筋型	CF/AF/GF	鉄筋D3-D16相当

表-3 繊維材料の性能比較

呼び名	種別	弾性率 (GPa)	剛性 (kN/m)
CFRP	高強度型	245	41
CFRP	高弾性型	640	91
AFRP	アラミド1	118	34
GFRP	Eガラス	73	8

表-4 接着剤の種類と性能

種類	施工可能温度 (°C)	硬化時間/層
エポキシ	5~30	8時間以上
MMA樹脂	-15~30	1.5時間程度
モルタル	5以上	3時間以上

5.1 使用材料・供試体寸法および補強方法

(1) 供試体概要

本実験に用いる供試体は、道示Ⅱに規定に基づいて設計し、供試体寸法のモデル化は道示Ⅱに規定する活荷重載荷面幅 500mm を基準に、本実験装置における輪荷重幅が 300mm であることから 3/5 モデル (=300/500) とした。

(2) 使用材料

1) RC 床版: 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 5mm 以下の砕砂および 5mm~20mm の砕石 (JIS-A5005) を使用し、コンクリートの設計基準強度は 24N/mm² を目標として配合した。鉄筋には SD295A, D10 を用いた。実験時におけるコンクリートの圧縮強度および鉄筋の材料特性値を表-5 に示す。

2) 炭素繊維シート (CFS): 本実験に用いた CFS は、目付量 200g/m²、設計厚 0.111mm の連続繊維シートおよびプライマー、CFS 用の接着材を用いた。ここで、CFS の材料特性を表-6 に示す。

3) 炭素繊維ストランドシート (CFSS): 新 FRP 材料である CFSS は、樹脂を含浸・硬化させた FRP ストランドをすだれ状に加工した材料である。本補強には目付量 600g/m²、設計厚 0.333mm の高強度タイプを用いた。ここで、CFSS の材料特性を表-6 に併記した。

5.2 供試体寸法および鉄筋の配置

供試体寸法は、全長 1600mm、支間 1400mm、床版厚 150mm とした。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張主鉄筋に D10 を 120mm 間隔で配置し、有効高は 125mm である。

また、配力筋も軸直角方向と同様に 120mm 間隔で配置し有効高を 112mm とした。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。供試体名称は、コンクリートの圧縮強度が 30N/mm² であることから RC-30 とする。ここで、RC 床版の寸法および鉄筋配置を図-3 に示す。

(1) CFS 接着補強工法

RC 床版供試体の支間 1400mm×1400mm の内側の 1300mm×1300mm の範囲に、目付量 200g/m²、設計厚 0.111mm の CFS を軸直角方向および軸方向に各 1 層貼り付けた。供

試体名称を RC-30-CFS とする。

(2) CFSS 格子貼補強方法

CFS 補強方法は、表面処理後プライマーを含浸養生させパテを塗布するが、CFSS 接着補強では共に処理が不要であり、コンクリートの表面処理後直接パテ材で CFSS を接着することから、CFS 補強法に比してプライマー・パテ工程が省けることから施工の合理化となる。これに対して格子貼りの連続繊維補強工法では、CFS 及び CFSS を格子状補強とすることから、RC 床版内部の雨水の排水や事後床版目視点検が容易となるなどの利点がある。RC 床版には、床版支間内 1,300mm×1,300mm 内に、目付量 600g/m² の CFSS を長さ 1,300mm、幅 50mm で 150mm 間隔に軸直角方向および軸方向に格子状に接着した。ここで、CFSS 補強した供試体名称を RC-30-CFSS とする。

6. 実験方法および等価走行回数

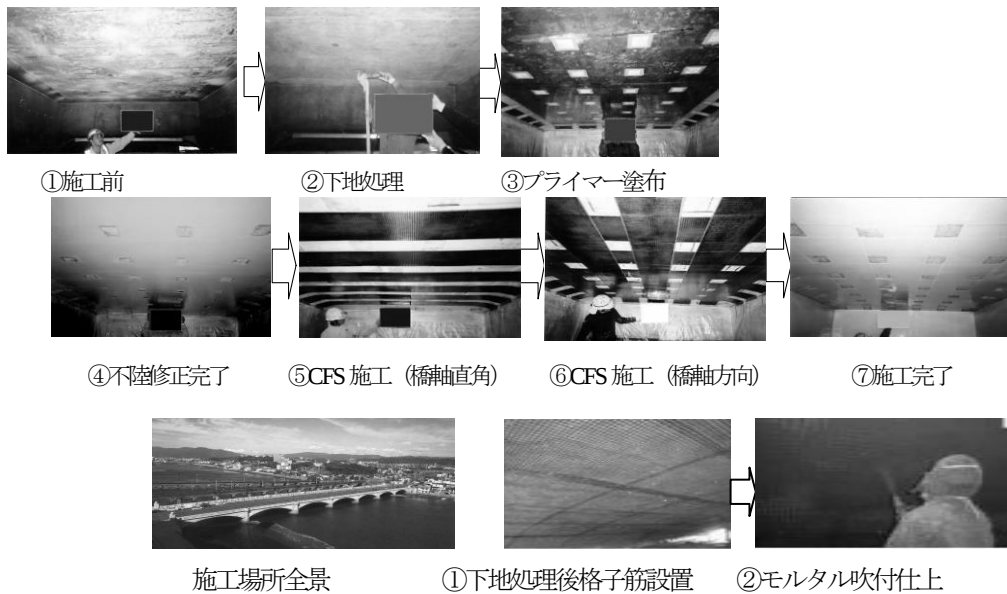
6.1 実験方法

RC 床版は、車輪幅が 300mm で、道示Ⅰに規定する T 荷重幅 500mm の 3/5 であることから、供試体寸法を 3/5 モデルとして製作した。よって、基準荷重は活荷重の 3/5 に安全率 1.2 を考慮して 72kN とする。輪荷重走行疲労実験における初期荷重は 100kN、120kN で各 20,000 回走行する。120kN 以降は、荷重を 10kN 増加して 20,000 回走行し、荷重の増加と走行を破壊するまで繰り返し行う。たわみの計測は、1, 10, 100, 1,000, 5,000 回、5,000 回以降は 5,000 回ごとに行う。

6.2 等価走行回数

走行疲労実験では、2 万回走行ごとに荷重を増加させることから、基準荷重と載荷荷重および実験走行回数の関係から等価走行回数 N_q を算出して補強効果および耐疲労性を評価する。

輪荷重走行による等価走行回数 N_q 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)に適用する S-N 曲線の傾きの逆数 m には、松井らが提案する RC 床版の S-N 曲線⁹⁾の傾きの逆数 12.7 を適用する。



(1) CFRP 格子筋の用いた床版下面増厚補強例

写真4 FRP 下面接着補強の実施工例

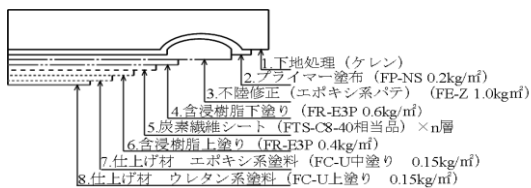


図-1 床版下面補強の断面図

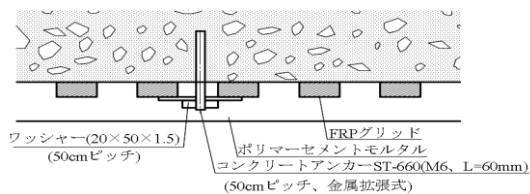


図-2 格子型を使用した場合の施工断面

表-5 コンクリート圧縮強度および鉄筋の材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋(SD295A)			
		使用 鉄筋	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
RC-30	30	D10	368	516	200

表-6 材料特性値

補強材料名	目付量 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
CFS	200	0.111	4,420	235
CFSS	600	0.333	3,400	245

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

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)

7. 実験結果および考察

7.1 等価走行回数

CFS 補強、CFSS 補強 RC 床版供試体の等価走行回数 N_{ep} (式 1) を表-7 に示す。RC 床版供試体 RC-30 の平均等価走行回数は 9,059,787 回である。CFS 補強した RC 床版供試体 RC-30-CFS の等価走行回数は 258,139,512 回となり、RC 床版供試体 RC-30 に比して 28.5 倍の補強効果が得られた。また、CFSS 格子貼補強した供試体 RC-30-CFSS の平均等価走行回数は 324,127,242 回となり、RC 床版供試体 RC-30 の 35.8 倍の補強効果が得られた。また、CFS 補強供試体と CFSS 格子貼補強供試体の平均等価走行回数と比較すると、CFSS 格子貼補強した場合の耐疲労性は 1.26 倍となった。したがって、新材料および新工法である CFSS 格子貼補強法の等価走行回数が上まわる結果となった。

7.2 たわみと等価走行回数の関係

本実験における等価走行回数と除荷後の永久たわみの関係を図-8 に示す。RC 床版供試体 RC-30 は、たわみが 3.5mm、すなわち支間 L の 1/400 を超えた付近から増加が著しくなっている。ここで、供試体の支間 L の 1/400 に達した場合、すなわち、たわみが 3.5mm に達した場合の等価走行回数を算出すると、供試体 RC-30 では 3.64×10^6 回である。次に、CFS 補強した供試体 RC-30-CFS は、たわみが 3.7mm を超えた付近から急激に増加し、破壊に至っている。たわみが支間 L の 1/400 に達した場合の等価走行回数は 166.5×10^6 回であり、RC 床版供試体のたわみが支間 L の 1/400 に達した等価走行回数の平均値 4.24×10^6 回と比較すると 39.2 倍となった。次に、CFSS 格子貼補強した RC 床版供試体 RC-30-CFSS-1, 2 は、RC 床版供試体 RC-30 に比して大幅にたわみの増加が抑制されている。たわみが支間 L の 1/400 に達した場合の等価走行回数は、それぞれ 217×10^6 回、 250×10^6 回であり、RC 床版供試体の平

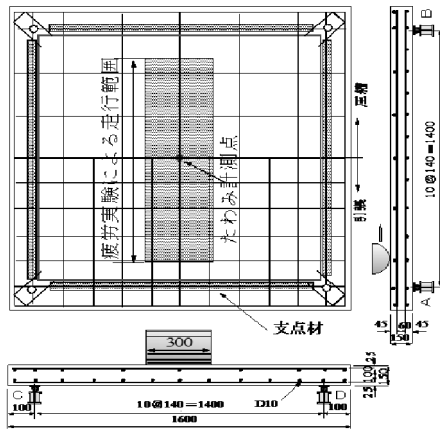


図-3 供試体寸法および鉄筋の配置

表-7 等価走行回数

供試体	合計等価走行回数	平均等価走行回数	走行回数比
RC-30-1	6,880,950		
RC-30-2	11,238,623	9,059,787	—
RC-30-CFS	258,139,512	258,139,512	28.5
RC-30-CFSS-1	302,190,221		
RC-30-CFSS-2	346,064,264	324,127,243	35.8

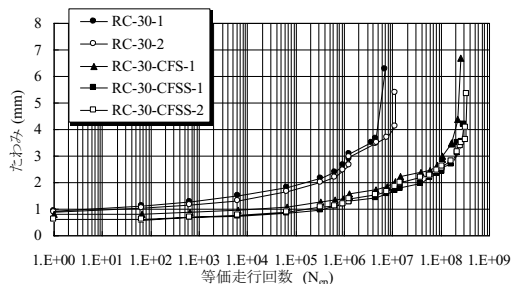


図-4 たわみと等価走行回数の関係

均等価走行回数と比較すると 51.1 倍、59.0 倍となった。たわみは終局に近づく状態を見極めるための重要な項目となる。

8. 長寿命化対策における維持管理と対策工法

橋梁長寿命化対策における維持管理は、維持管理を行う期間全般で想定される損傷に対する損傷メカニズムとそれらの発生部位を明らかにし、これに対応した維持管理計画を策定する必要がある。本報では、下面のひび割れ損傷に対応した CFS 接着および CFSS 格子貼り補強した供試体を用いた輪荷重走行疲労実験により、CFS 接着補強および CFSS 格子貼り補強工法は、たわみの増加が抑制され、等価走行回数も増加していることから、下面の補強工法として有効であることを示した。また、補修・補強が実施された床版の点検は、特殊な機械装置などが必要ない目視点検が第一に採用されることが想定され、その目視点検は、変状を発見するのに有効である。したがって、各種 FRP 補強工法において、格子貼り等の補修・補強工法で床版自体を完全に覆わず、ひび割れの進展、漏水の状況を確認できる工法仕様であることは点検の為に望ましい工法であるといえる。本実験で採用した CFSS 格子

貼り補強に関しても、CFS 接着補強と同等以上の補強効果を有することが検証されたことから、橋梁長寿命化対策における補強工法として、有効な補強方法であることが評価された。

9. まとめ

(1) 道路橋 RC 床版を延命化させるために、各種 FRP を用いた補修補強工法では、第一条件として必要な補強量の算定のため、元設計を考慮した耐力の把握が必要となる。照査により、必要とされる繊維量の算定を行うが、その選定の際には、工程が短く、事後の点検が可能であり、かつ補修・補強効果がある工法がのぞましい。

(2) 海沿い等の飛来塩分を受ける塩害地域の CFS を用いた床版補強では、床版下面からの飛来塩分の浸入防止の為、床版下面の全面を覆い、飛来塩分から床版を守るという考え方で工法も選択可能である。

(4) 繊維材料の選択に関しては、実験などにて求められる繊維の引張剛性を適切に配置することにより、効果的に橋梁構造物の補修補強が可能である。

(5) 補修・補強の結果、床版下面を補修材で全面を覆ってしまった場合には、ひび割れの進展、漏水および滞水状況の確認が困難となる可能性が高い。したがって、冒頭にて報告した、下面鋼板接着での押し抜き破壊の問題と同様に、床版下面から点検作業が不可能な補修・補強の工法は、なるべく避けるべきと考えられる。

(6) 各種 FRP を用いて補修・補強を行う際にも、下地の大きなひび割れ、ジャンカ、かぶり不足、鉄筋の露出など通常の状況でない部位については適切に補修を施した後、補強の施工を行うべきと考えられ、接着能力に頼る、FRP 補修・補強工法でも事前処理は必要である。

(7) 樹脂接着剤を用いて施工される工法のため、施工環境での気温、養生時間等の条件設定で接着剤も適宜選択されなくてはならない。

(8) 既に使用されてきた橋梁 RC 床版に、適切な設計による補強を施せば、既往の研究と実橋でも実践されている FRP による補修補強工法として、橋梁の長寿命化対策に対して有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 日経コンストラクション 5 月 p45 (2010)
- 2) (社)土木学会：道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上 (2004)
- 3) (社)日本道路協会：鋼道路橋設計示方書 (1956)
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III (2004)
- 5) 小林朝 ほか：炭素繊維シート格子接着工法により補強した RC 床版の疲労耐久性 コンクリート工学年次論文集 Vol.27 No.2 (2005)
- 6) 松井繁之：道路橋床版、森北出版 (2007)