

論文 炭素繊維材料(CFS, CFSS)接着による補強RC床版の耐疲労性

元 燦豪^{*1}・阿部 忠^{*2}・澤野 利章^{*2}・高野 真希子^{*3}

要旨: 本研究は、寸法の異なる2タイプのRC床版供試体の底面にCFS・CFSS接着補強を施し、輪荷重走行疲労実験を行い、耐疲労性の評価を行った。その結果、RC床版の等価走行回数に比して炭素繊維材料接着補強を行うことにより18.7~25.3倍の補強効果が得られた。次に、たわみと等価走行回数の関係から床版支間Lの1/400付近が補修・補強時期であると推定し、ひずみと等価走行回数の関係からは、CFS・CFSS接着補強を行うことにより鉄筋ひずみが減少し、CFS・CFSSがひずみを分担することが確認できた。

キーワード: RC 床版, CFS 接着補強, CFSS 格子接着補強, 耐疲労性

1. はじめに

現在、一般的な橋梁の寿命と言われている50年を超える高齢化橋梁が年々増加している。従来の道路橋の維持管理は事後的な修繕及び架け替えを行う手法であったが、現在は橋梁点検要領(案)¹⁾に基づいて点検を行い、予防的な修繕及び架け替えを行う維持管理計画へと移行されている。これらのことから公共団体では道路橋長寿命化修繕計画が実施され、大型車両の繰返し走行による疲労損傷により、RC床版の損傷が最も著しいのが明らかになった。一方、橋梁の寿命予測については劣化過程の理論式をベースにした理論的な方法と点検データから統計的に劣化速度を分析して予測するデータベース的な方法がある。しかし、理論的な手法は、種々の環境に応じた材料の劣化速度に関わる定数の決定や予測精度の検証に多くの時間が必要であり、データベース化においても点検データが少ないことから統計的に劣化速度を分析して寿命予測を行うことは困難である。そのため、各種補強を施したRC床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、補強法における耐疲労性の評価が必要である。

そこで本研究では、実橋RC床版寸法の1/2および3/5モデルの2タイプのRC床版供試体を用いて、炭素繊維シート(以下、CFSとする)を全面に接着する補強法(以下、CFS接着補強とする)および新材料である炭素繊維ストランドシート(以下、CFSSとする)を格子状に接着する補強法(以下、CFSS格子接着補強とする)を施し、輪荷重走行疲労実験を行い、補強効果の検証および耐疲労性を評価する。

2. 供試体概要

本実験に用いる供試体は、道路橋示方書・同解説(以下、道示とする)²⁾の規定に基づいて設計し、本実験装置の輪荷重、すなわち車輪幅と道示に規定する輪荷重幅(500mm)

の比によるモデル化を行うものとする。よって、幅250mmの車輪を使用する供試体は1/2モデルとし、この供試体をAタイプ、幅300mmの車輪を用いて実験する供試体は3/5モデルとし、この供試体をBタイプとする。

2.1 使用材料

(1) RC床版

A, Bタイプ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の砕石を使用した。Aタイプ供試体の鉄筋にはSD295A, D10, Bタイプ供試体にはSD295A, D13を用いた。実験時におけるコンクリート圧縮強度および鉄筋の材料特性値を表-1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用の接着剤を用いた。ここで、CFSの材料特性値を表-2に示す。

(3) 炭素繊維ストランドシート(CFSS)

新材料であるCFSSは、樹脂を含浸・硬化させた炭素繊維補強プラスチック(CFRP)ストランドをすだれ状に加工した材料である。本実験にはCFSを全面接着補強した場合のCFS目付量と同等となるように格子貼りで配置した。よって、CFSSには目付量600g/m²、設計厚0.333mmを用いた。ここで、CFSSの材料特性値を表-2に示す。

2.2 供試体寸法および鉄筋の配置

(1) Aタイプ

Aタイプ供試体の寸法は、全長1470mm、支間1200mm、床版厚130mmとした。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側の主鉄筋にD10を100mm間隔で配置し、有効高を105mmとした。また、配力筋もD10を100mm間隔で配置し、有効高を95mm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A-RCとする。ここで、Aタイプ

*1 日本大学大学院 生産工学研究科土木工学専攻 (学生会員)

*2 日本大学 生産工学部土木工学科 博(工) (正会員)

*3 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 土木技術部 博(工)

表-1 コンクリートの圧縮強度および材料特性値

供試体	コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)		鉄筋 (SD295A)		
			降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
A タイプ	RC,CFSS	35	368	516	200
	CFS	32			
B タイプ	RC,CFS,CFSS	30	370	511	200

表-2 CFSおよびCFSSの材料特性値

補強材料	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	4,310	245

供試体の寸法および鉄筋配置を図-1(1)に示す。

(2) Bタイプ

Bタイプ供試体の寸法は、全長1600mm、支間1400mm、床版厚150mmとした。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側の主鉄筋に120mm間隔で配置し、有効高は125mmである。また、配力筋は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B-RCとする。ここで、Bタイプ供試体の寸法および鉄筋配置を図-1(2)に示す。

2.3 CFS接着およびCFSS格子接着補強方法

CFS接着およびCFSS格子接着補強、それぞれの施工手順を以下に述べる。CFS接着補強は、炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)³⁾に準拠して製作した。

(1) CFS接着補強方法^{4), 5)}

CFS接着補強における実際橋梁において施工完了後のイメージを図-2(1)に示す。本実験における供試体の製作も実際橋梁と同様になるように施工を行う。

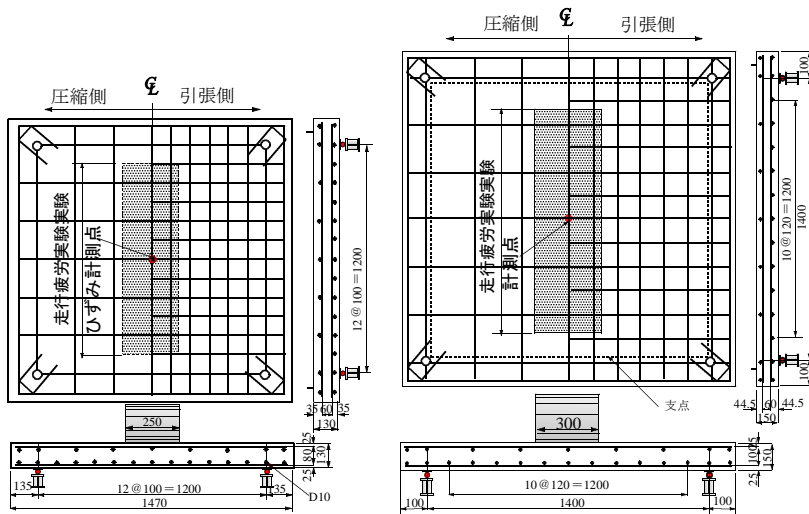
CFS接着補強方法は、RC床版供試体表面の不純物を除くためにディスクサンダーで研磨する。次に、表面を平滑に仕上げた後、コンクリートとCFSの付着性を高めるためにプライマーを塗布し、12時間以上の養生を行う。その後、幅500mmのCFSをCFS専用のエポキシ系含浸樹脂で軸直角方向に接着し、12時間以上の養生を行う。同様に、軸方向に2層目を接着し、12時間の養生を行う。

(2) CFSS格子接着補強方法

CFSS格子接着補強における実際橋梁において施工完了後のイメージを図-2(2)に示す。

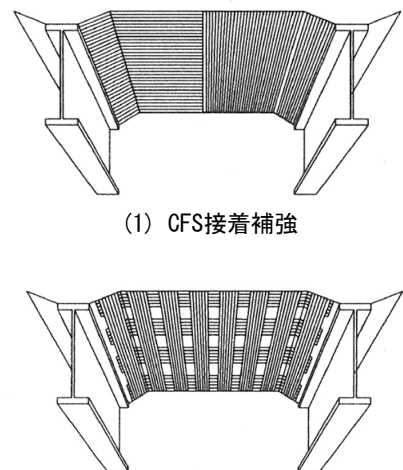
CFS接着補強法は、表面処理後にプライマー処理を行うが、CFSS格子接着補強法はプライマー処理が不要であり、コンクリートの表面を処理した後、直接CFSSを接着補強することから、施工および養生時間が短縮され、大幅な省力化となる。また、CFS接着補強法はRC床版底面にCFSを全面接着することから、床版上面からの浸入した雨水がRC床版とCFS接着界面に滞水し、接着剤の経年劣化が懸念されるとともに、補強後の事後点検が困難である。これに対してCFSS格子接着補強法の場合は、CFSSを格子状に接着補強することから、RC床版内部の雨水が格子間から排水され、さらに事後のひび割れ状況が目視点検で確認できることから点検が容易となる。

CFSS格子接着補強法は、RC床版底面をコンクリートサンダーで研磨し、平滑に仕上げる。次に、RC床版底面にCFSS格子接着補強する部位以外をマスキングテープで養生する。その後、CFSSを150mm間隔で軸直角方向に貼付し、すだれ状の空間部からCFSS専用のエポキシ系樹脂接着剤を浸透させる。その後、同様に軸方向にCFSSを接着して格子状を形成し、12時間養生を行う。



(1) Aタイプ (2) Bタイプ

図-1 供試体寸法および鉄筋の配置



(1) CFS接着補強 (2) CFSS格子接着補強

図-2 施工手順

3. 実験方法および等価走行回数

3.1 実験方法

輪荷重走行疲労実験による耐疲労性の評価は、20,000回ごとに荷重を段階的に増加させ、基準荷重に対する実験荷重と実験走行回数から等価走行回数を取得して評価する。よって、基準荷重は、供試体の寸法、すなわちモデル化する寸法によって異なる。

(1) Aタイプ

Aタイプ床版供試体の輪荷重走行疲労実験における車輪幅は250mmであり、道示Iに規定するT荷重幅500mmの1/2モデルであることから供試体も1/2モデルとする。よって、RC床版供試体の基準荷重は道示に規定する活荷重100kNの1/2に安全率1.2を考慮して60kNとした。

(2) Bタイプ

Bタイプ床版供試体は、車輪幅が300mmであり、道示Iに規定するT荷重幅500mmの3/5モデルであることから、基準荷重は72kNとした。

3.2 等価走行回数

輪荷重走行疲労実験では、20,000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_{eq} を算出して補強効果および耐疲労性を評価する。輪荷重走行疲労実験による等価走行回数 N_{eq} 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曲線の傾きの逆数12.7を適用する⁹⁾。

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

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数(回)、 P_i ：載荷荷重(kN)、 P ：基準荷重(Aタイプ：60kN、Bタイプ：72kN)、 n_i ：実験走行回数(回)、 m ：S-N曲線の傾きの逆数(=12.7)

4. 結果および考察

4.1 等価走行回数

本実験におけるRC床版供試体およびCFS接着、CFSS格子接着補強RC床版供試体の等価走行回数を表-3に示す。

(1) Aタイプ

RC床版供試体A-RCの平均等価走行回数は 7.93×10^6 回である。このRC床版供試体の平均等価走行回数を基準にCFS接着およびCFSS格子接着補強RC床版供試体の評価を行う。まず、CFS接着補強した供試体A-CFSの平均等価走行回数は 148.25×10^6 回であり、RC床版供試体A-RCに比して18.7倍の補強効果が得られた。次に、CFSS格子接着補強した供試体A-CFSSの平均等価走行回数は 167.77×10^6 回であり、RC床版供試体A-RCに比して21.1倍の補強効果が得られた。また、CFS接着補強したA-CFSとCFSS格子

表-3 等価走行回数

供試体	等価走行回数 合計	平均等価走行 回数(回)	走行回数比
A-RC-1	7,346,848	7,938,030	—
A-RC-2	8,529,213		
A-CFS-1	163,317,396	148,256,151	18.7
A-CFS-2	133,194,905		
A-CFSS-1	181,083,503	167,775,559	21.1
A-CFSS-2	154,467,615		
B-RC-1	11,238,624	12,814,782	—
B-RC-2	14,390,941		
B-CFS-1	258,123,028	263,822,131	20.6
B-CFS-2	269,521,233		
B-CFSS-1	302,173,738	324,110,759	25.3
B-CFSS-2	346,047,779		

接着補強したA-CFSSの平均等価走行回数を比較するとCFSS格子接着補強供試体が1.1倍の補強効果が得られた。これは、表-2に示すようにCFSSのヤング係数がCFSを上回っていると同時に、CFSは全面接着したのに対してCFSSは格子状に貼り付けたことから部分的に使用量が多くなり、補強効果が上回ったものと考えられる。

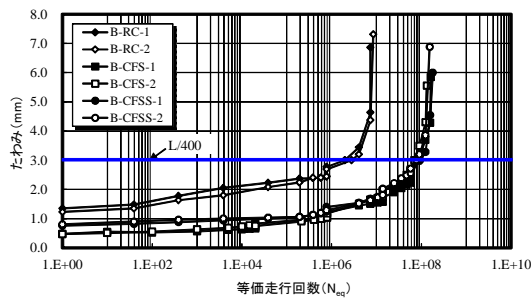
(2) Bタイプ

RC床版供試体B-RCの平均等価走行回数は 12.81×10^6 回である。CFS接着補強したRC床版供試体B-CFSの等価走行回数の平均は 263.82×10^6 回となり、RC床版供試体B-RCに比して20.6倍の耐疲労性が得られた。また、CFSS格子接着補強した供試体B-CFSSの平均等価走行回数は 324.11×10^6 回となり、RC床版供試体B-RCの25.3倍の耐疲労性が得られた。また、CFS接着補強した供試体B-CFSとCFSS格子接着補強した供試体B-CFSSを比較すると、CFSS格子接着補強した場合の補強効果は1.2倍となった。

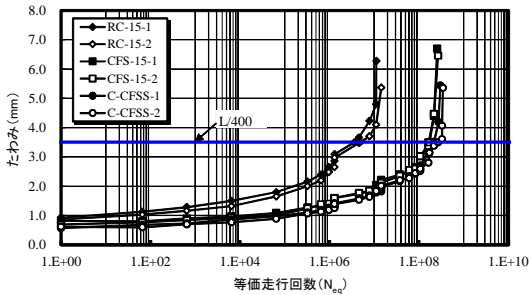
以上の結果より、AタイプおよびBタイプともにCFS接着およびCFSS格子接着補強を行うことにより等価走行回数が増加し、耐疲労性の向上が確認された。

4.2 たわみと等価走行回数の関係

RC床版のたわみと等価走行回数の関係から補強時期の推定について、筆者ら^{7), 8)}はRC床版および補強床版を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、たわみが床版支間Lの1/400付近に達するとたわみの増加が著しくなることから、たわみが床版支間Lの1/400に達した時点を超えて補強時期として提案している。また、中谷ら⁹⁾は、1964年(S39)年改訂道示に準拠して製作したRC床版供試体を用いて走行疲労実験を行い、S39床版のたわみと走行回数/破壊走行回数の関係について報告している。実験に用いたRC床版供試体の支間は2500mmである。実験たわみと床版支間Lの関係から損傷グレードを示すと、損傷グレードIはたわみが10mmに達した時点であり、床版支間Lの1/250(=10/2500)である。次に、損傷グレードIIは床版支間Lの1/313(=8/2500)、損傷グレードIIIが床版支間Lの1/417(=6/2500)である。なお、損傷グレードIは劣化期、損傷グレードIIは加速期、損傷グレードIIIは進展期、損傷グレ



(1) Aタイプ



(2) Bタイプ

図-3 たわみと等価走行回数の関係

ードIVは潜伏期に相当するものとしている。したがって、筆者らが提案する床版たわみが床版支間Lの1/400に達する時期は、中谷らが示す損傷グレードⅢの範囲であり、劣化過程が進展期相当となる。

(1) Aタイプ

本実験におけるたわみと等価走行回数の関係を図-3に示す。たわみと等価走行回数の関係において筆者らが提案する補強時期および再補強時期の推定として、たわみが床版支間Lの1/400の付近として提案した^{7),8)}。そこで、たわみと等価走行回数の関係から補強時期における疲労損傷度および劣化過程を考察する。疲労損傷度と劣化過程の関係について、国土交通省国土技術政策総合研究所¹⁰⁾では、RC床版の疲労損傷度Dを式(2)として与えている。

$$D = N_D / N_f \quad (2)$$

ここで、D：疲労損傷度、 N_D ：累積された走行回数、 N_f ：疲労破壊に至る荷重の繰り返し回数

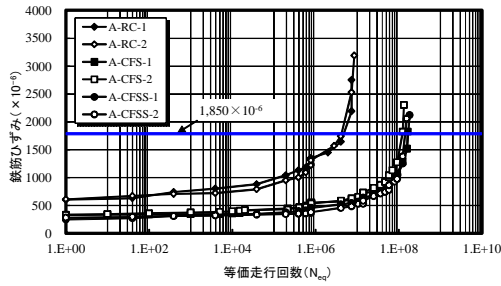
式(2)より算出された疲労損傷度Dと劣化過程の関係は、 $D=0.1\sim 0.2$ が潜伏期、 $D=0.2\sim 0.5$ が進展期、 $D=0.5\sim 0.8$ が加速期、 $D=0.8\sim 1.0$ が劣化期がとしている。よって、本実験におけるRC床版のたわみが支間Lの1/400に達した時点の疲労損傷度Dから補強推定時期の劣化過程を示す。

図-3(1)に示すたわみと等価走行回数の関係では、RC床版供試体のたわみが3.0mm、すなわち支間Lの1/400を超えた付近からたわみの増加が著しくなっている。そこ

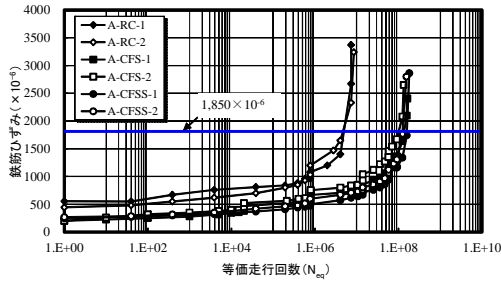
で、RC床版供試体のたわみが3.0mmとなる等価走行回数は、供試体A-RC-1では 1.98×10^6 回、A-RC-2では 2.78×10^6 回であり、平均等価走行回数は 2.38×10^6 回である。その後の走行からたわみの増加が著しくなり、破壊に至った。本実験におけるRC床版のたわみが床版支間Lの1/400に達した時の疲労損傷度 $D (= N_D(L/400) / N_f)$ 、 $N_D(L/400)$ ：床版支間Lの1/400に達した時の等価走行回数、 N_f ：破壊等価走行回数)は $0.30 (= 2.38 \times 10^6 / 7.93 \times 10^6)$ であり、劣化過程は進展期に相当することになる。次にCFS接着補強した供試体も、同様にたわみが床版支間Lの1/400を超えた付近からたわみの増加が著しい。たわみが3.0mmとなる等価走行回数は供試体A-CFS-1、2でそれぞれ、 63.40×10^6 回、 70.40×10^6 回であり、平均等価走行回数は 66.90×10^6 で、RC床版の28.1倍となる。また、3.0mmに達した時点の疲労損傷度Dは0.45である。この時点での劣化過程は進展期の後半に相当するものである。次に、CFSS補強した供試体CFSS-1、2のたわみが床版支間Lの1/400を超えた付近からたわみの増加が著しい。たわみが床版支間Lの1/400に達した時点の等価走行回数は、それぞれ 93.40×10^6 回、 77.50×10^6 回であり、平均等価走行回数は 85.45×10^6 回であり、RC床版供試体の35.9倍となった。また、CFS接着補強した供試体の1.27倍の補強効果が得られた。床版支間Lの1/400に達した時点の疲労損傷度Dは0.51であり、劣化過程が加速期に相当するものである。

(2) Bタイプ

図-3(2)に示すように、BタイプのRC床版供試体は、たわみが3.5mm、すなわち支間Lの1/400を超えた付近からたわみの増加が著しくなっている。ここで、Bタイプ供試体の支間Lの1/400に達した時点の等価走行回数を算出すると、RC床版供試体B-RC-1では 3.61×10^6 回、供試体B-RC-2では 4.91×10^6 回であり、平均等価走行回数 4.26×10^6 回である。その後の荷重増加と繰り返し走行によりたわみの増加が著しくなっている。たわみが床版支間Lの1/400に達した時点の疲労損傷度Dは0.33であり、劣化過程が進展期に相当するものである。次に、CFS接着補強した供試体B-CFS-1は、たわみ3.7mmを超えた付近から急激に増加し、破壊に至っている。たわみが床版支間Lの1/400に達した時点の等価走行回数は供試体B-CFS-1、2で、それぞれ 165.40×10^6 回、 173.20×10^6 回であり、平均等価走行回数は 169.30×10^6 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と比較すると39.7倍となった。また、たわみが床版支間Lの1/400に達した時点の疲労損傷度Dは0.69であり、劣化過程が加速期の相当するものである。次に、CFSS格子接着補強したRC床版供試体B-CFSS-1、2は、RC床版供試体B-RCに比して大幅にたわみの増加が抑制されている。CFSS補強した供試体CFSS-1、2のたわみが3.5mmに達した時点の等価走行回数

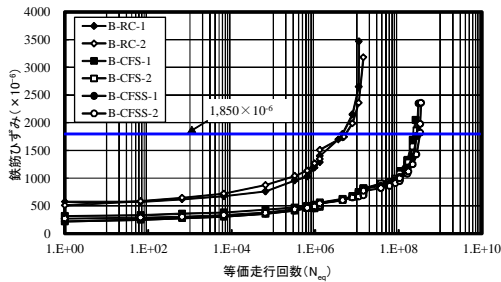


a) 軸直角方向

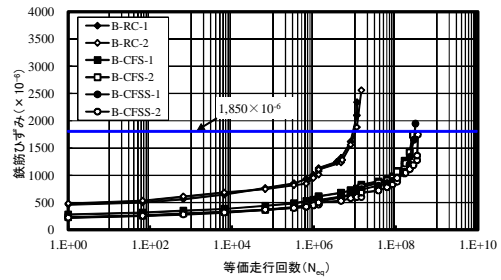


b) 軸方向

(1) Aタイプ



a) 軸直角方向



b) 軸方向

(2) Bタイプ

図-4 鉄筋ひずみと等価走行回数との関係

は、それぞれ 215.90×10^6 回、 255.70×10^6 回であり、平均等価走行回数は 235.80×10^6 回であり、RC床版供試体の55.3倍となった。また、CFS接着補強床版供試体の1.39倍の補強効果が得られた。たわみが床版支間Lの1/400に達した時点の疲労損傷度Dは0.74であり、劣化過程は加速期の相当するものである。

したがって、筆者らが提案する補強時期は床版たわみが床版支間Lの1/400に達した時点、すなわちRC床版供試体は劣化過程が進展期、CFS補強およびCFSS補強床版は加速期で再補強を施す結果となった。

4.3 鉄筋ひずみと等価走行回数の関係

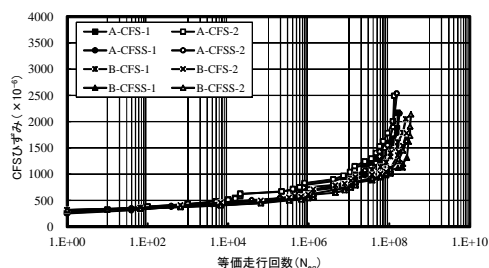
鉄筋ひずみと等価走行回数の関係を図-4に示す。

(1) Aタイプ

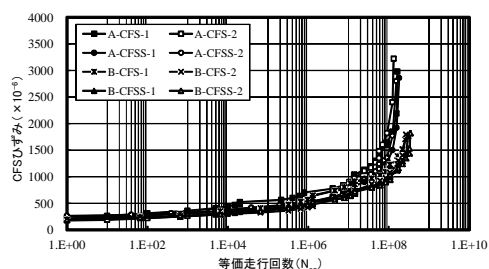
軸直角方向の鉄筋ひずみは図-4(1)a)に示すように、供試体A-RC-1は、たわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみが $1,450 \times 10^6$ であり、供試体A-RC-2は、 $1,560 \times 10^6$ である。したがって、RC床版供試体においても床版支間Lの1/400に達した付近では、鉄筋ひずみは降伏ひずみに達していないことが確認できる。次に、CFS全面接着補強した供試体A-CFS-1のたわみが床版支間Lの1/400に達した付近のひずみは $1,050 \times 10^6$ であり、供試体A-CFS-2のひずみは $1,120 \times 10^6$ である。CFSS格子接着補強した供試体A-CFSS-1, 2では、走行と荷重増加においても急激なひずみの増加は見られない。たわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみは、 $1,050 \times 10^6$ 、 924×10^6 である。いずれにおいても鉄筋ひずみは降伏ひずみに達していない。また、たわみが支間Lの1/400に達した付近のRC床版供試体A-RC-1, 2の軸方向の鉄筋ひずみは図-4(1)b)に示すように、それぞれ $1,200 \times 10^6$ と $1,470 \times 10^6$ である。したがって、RC床版供試体においても床版支間Lの1/400に達した付近では、鉄筋ひずみは降伏ひずみに達していないことが確認できる。次に、CFS全面接着補強した供試体A-CFS-1, 2は、たわみが床版支間Lの1/400に達した付近でひずみが $1,330 \times 10^6$ と $1,540 \times 10^6$ であり、CFSS格子接着補強した供試体A-CFSS-1, 2は、それぞれ $1,173 \times 10^6$ 、 $1,231 \times 10^6$ である。いずれにおいても鉄筋ひずみは降伏に達していない。

(2) Bタイプ

軸直角方向の鉄筋ひずみは図-4(2)a)に示すように、供試体B-RC-1は、たわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみが $1,700 \times 10^6$ 、供試体B-RC-2は、 $1,745 \times 10^6$ である。この結果より、RC床版供試体においては床版支間Lの1/400に達した付近では、鉄筋ひずみは降伏ひずみに達してはいるが、降伏ひずみ付近まで増加したことが確認できた。次に、CFS全面接着補強した供試体B-CFS-1のたわみが床版支間Lの1/400に達した付近のひずみは $1,330 \times 10^6$ であり、供試体B-CFS-2のひずみは $1,280 \times 10^6$ である。CFSS格子接着補強した供試体B-CFSS-1, 2では、たわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみは、それぞれ $1,370 \times 10^6$ 、 $1,430 \times 10^6$ である。いずれにおいても鉄筋ひずみは降伏ひずみに達していない。また、たわみが支間Lの1/400に達した付近のRC床版供試体B-RC-1, 2の軸方向の鉄筋ひずみは(図-4(1)b))、それぞれ $1,240 \times 10^6$ と $1,280 \times 10^6$ である。RC床版供試体においても床版支間Lの1/400に達した付近では、鉄筋ひずみは降伏ひずみに達していないことが確認できる。次に、CFS全面接着補強した供試体B-CFS-1, 2は、たわみが床版支間Lの1/400に達した付近でひずみが $1,270 \times 10^6$ と $1,220 \times 10^6$ 、CFSS格子接着補強した供試体A-



(1) 軸直角方向



(2) 軸方向

図-5 CFS・CFSSひずみと等価走行回数との関係

CFSS-1, 2は、それぞれ $1,200 \times 10^6$ 、 $1,185 \times 10^6$ である。いずれにおいても鉄筋ひずみは降伏に達していない。

以上の結果より、AタイプとBタイプとともにCFS接着およびCFSS格子接着補強をすることによりRC床版の鉄筋ひずみは大きく減少し、炭素繊維材料がひずみを分担したと考えられる。

4.4 CFS・CFSSひずみと等価走行回数の関係

シートひずみと等価走行回数の関係を図-5に示す。

(1) Aタイプ

軸直角方向のCFS・CFSSひずみは図-5(1)に示すように、供試体A-CFS-1, 2ではたわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみは $1,560 \times 10^6$ 、 $1,620 \times 10^6$ である。次に、CFSS格子接着補強した供試体A-CFSS-1, 2では、 $1,410 \times 10^6$ 、 $1,500 \times 10^6$ である。CFS全面接着補強した供試体のCFSひずみと比較すると20%程度下回っている。また、軸方向のCFS・CFSSひずみは図-5(2)に示すように、供試体A-CFS-1, 2のたわみが支間Lの1/400に達した付近では、両供試体ともに $1,600 \times 10^6$ である。また、CFSS格子接着補強した供試体A-CFSS-1, 2は、それぞれ $1,290 \times 10^6$ 、 $1,310 \times 10^6$ である。CFS全面接着補強した供試体のCFSひずみと比較すると20%程度下回っている。

(2) Bタイプ

Bタイプの軸直角方向のCFS・CFSSひずみは図-5(1)に示すように、供試体B-CFS-1, 2ではたわみが支間Lの1/400に達した付近のひずみは $1,610 \times 10^6$ 、 $1,420 \times 10^6$ である。また、CFSS格子接着補強した供試体B-CFSS-1, 2では、 $1,130 \times 10^6$ 、 $1,640 \times 10^6$ である。また、軸方向のCFS・CFSSひずみは図-5(2)に示すように、供試体B-CFS-1, 2のたわみが支間Lの1/400に達した付近では、それぞれ

$1,390 \times 10^6$ 、 $1,300 \times 10^6$ である。また、CFSS格子接着補強した供試体B-CFSS-1, 2は、 $1,270 \times 10^6$ 、 $1,350 \times 10^6$ である。

以上の結果より、CFSおよびCFSSが供試体の破壊時までには離れることなく機能しており、補強効果が確認され、CFS接着およびCFSS格子接着補強法はRC床版の補修・補強に有効な方法であると考えられる。

5. まとめ

(1) RC床版の等価走行回数に比して炭素繊維材料接着補強を行うことによりAタイプは18.7~21.1倍、Bタイプは20.6~25.3倍の補強効果が得られた。

(2) たわみと等価走行回数の関係から床版支間Lの1/400付近からAタイプとBタイプの供試体ともに急激に増加したことからこの時期に補修・補強を施す必要がある。

(3) たわみが急激に増加する床版支間Lの1/400付近のひずみを分析すると、鉄筋ひずみは減少し、CFSひずみはRC床版が破壊するまで機能し、RC床版の補修・補強に有効な方法であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：橋梁点検要領(案)，2004.
- 2) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 2002.
- 3) 土木研究所：炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)，コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告(III)，1999.
- 4) 国土交通省：地方自治体の長寿命化修繕計画に関する最近の動向，国土交通省道路局国道・防災課道路保全企画室，2011.
- 5) 千葉県県土整備部道路環境課企画調整室：千葉県橋梁長寿命化修繕計画(案)，2010.
- 6) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007.
- 7) 阿部忠，木田哲量，水口和彦，川井 豊：輪荷重走行疲労実験における車輪寸法がRC床版の耐疲労性に及ぼす影響および評価法，構造工学論文集，Vol.57A，pp. 1305-1315. 2011.3.
- 8) 阿部忠，木田哲量，水口和彦，川井 豊：輪荷重走行疲労実験における車輪寸法がRC床版の耐疲労性に及ぼす影響および評価法，構造工学論文集，Vol.57A，pp. 1305-1315, 2011.3.
- 9) 中谷昌一，内田賢一，西川和廣，神田昌幸，宮崎和彦，川間重一，松尾伸二：道路橋RC床版の疲労耐久性に関する試験，国総研資料No.28, 2002.
- 10) 玉越隆史，大久保雅憲，渡辺陽太：道路橋の計画的な管理に関する調査研究—橋梁マネジメントシステム(BMS)，国土交通省国土技術政策総合研究所，2009.