

## CFS・CFSS 補強 RC 床版の耐疲労性および補強効果

The fatigue resistance and effect of reinforcement on the CFS- and CFSS-reinforced RC slabs

元 燦豪\*, 阿部忠\*\*, 木田哲量\*\*\*, 小林朗\*\*\*\*, 澤野利章\*\*

Chanho Won, Tadashi Abe, Tetsukazu Kida, Akira Kobayashi, Toshiaki Sawano

\*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)

\*\*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)

\*\*\*工博, 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)

\*\*\*\*新日鉄マテリアルズ(株) (〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-8)

The study verifies the effect of compressive strength of concrete on the fatigue resistance of the CFS- and CFSS-reinforced RC slabs. The results of a comparison of the number of equivalent cycles between the CFS- and CFSS-reinforced RC slab test specimens obtained from a fatigue test indicate that the CFSS-reinforced RC slab has 1.2-1.3 time's greater effect of reinforcement than the CFS-reinforced RC slab. The study also reveals that the fatigue resistance of the CFS- and CFSS-reinforced RC slabs is ensured when the compressive strength of concrete is not lower than the specified design strength prescribed in the Specifications for Highway Bridges but is not ensured when the compressive strength of concrete is lower than the specified design strength, although the effect of reinforcement is secured.

*Key Words: RC slab, CFS reinforcement, CFSS reinforcement, Fatigue test under running wheel load, Fatigue resistance*

キーワード: RC 床版, CFS 補強, CFSS 補強, 輪荷重走行疲労実験, 耐疲労性

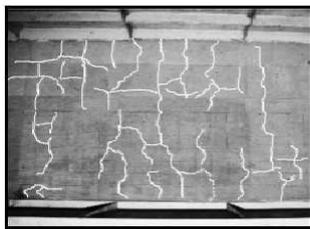
### 1. はじめに

近年, 国土交通省は, 地方公共団体が管理する老朽化した道路橋の増大に対応するために, 従来の事後的な修繕および架替えから, 予防的な修繕および長寿命化修繕計画に基づく架替えへと政策転換を図る目的で「橋梁長寿命化修繕計画策定事業」(以下, 長寿命化修繕計画とする)を創設した。これにも記されているが, 橋梁部材の中で最も損傷が著しいのは RC 床版である。とくに, 1960 年代に架設された RC 床版に関する基準は, 設計荷重, 床版厚, 鉄筋量いずれもが 2002 年改訂の道路橋示方書・同解説(以下, 道示とする)<sup>1)</sup>II の基準と大きく異なるものである。したがって, 1960 年代に建設された RC 床版については, 2002 年改訂の道示の基準に則した補強対策を講じる必要がある。

一方, 長寿命化修繕計画における補修・補強の対策は, 耐荷力性能および耐疲労性の向上を目的とした床版上面から鋼繊維補強コンクリートを用いた

上面増厚補強<sup>2)</sup>, 床版下面から炭素繊維連続シートによる下面接着補強法が計画されている<sup>3)</sup>。これらの補強法において, 橋梁点検要領(案)<sup>4)</sup>に示す劣化過程が早期の劣化状態の補強には, RC 床版のひび割れの抑制や耐荷力性能, 耐疲労性能の向上を図るために軽量かつ施工性に優れている炭素繊維シート(以下, CFS とする)下面接着補強法が検討されている<sup>5)</sup>。さらに, 最近では, CFS と同様な材料特性値を有し, 施工の合理化が可能な炭素繊維ストランドシート(以下, CFSS とする)が新たな補強材として開発されている。

そこで本研究では, RC 床版下面に CFS を全面に接着補強(以下, CFS 接着補強とする)と CFSS を格子状に下面接着補強(以下, CFSS 格子接着補強とする)した供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い, RC 床版に対する補強効果を検証する。また, 床版コンクリートの圧縮強度が塩害や凍害により設計基準強度を下回っている場合の補強効果および耐疲労性に及ぼす影響についても検証する。



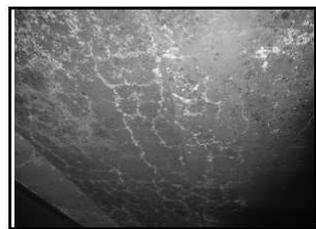
(1) 2方向のひび割れ



(2) 2方向のひび割れ  
遊離石灰



(3) 鉄筋の発錆とコン  
クリートのはく離



(4) 凍害による2方向の  
ひび割れと遊離石灰

写真-1 RC床版の損傷状況

## 2. 実橋 RC 床版の損傷状況

### 2.1 既存 RC 床版の劣化状況

道路橋 RC 床版は、重交通量地域では大型車両の走行による疲労劣化により、ひび割れ損傷が生じる。また、積雪寒冷地域では、凍結防止剤の散布による塩害および冬期間に凍害を受けるなど、RC 床版の劣化が年々各地域で増加している。<sup>9)</sup>ここで、疲労劣化と塩害、凍害の複合劣化を受けた道路橋 RC 床版の損傷状況の一例を写真-1 に示す。写真-1 (1)は、首都圏の道路橋 RC 床版であり、大型車両の繰り返し走行による疲労劣化により、軸直角方向には幅 0.2mm 以上のひび割れが発生している。この RC 床版のひび割れはハンチ部にまで及んでいることから貫通ひび割れ、すなわち床版のはり状化となっている。また、軸方向にもひび割れが発生し、亀甲状を形成している。また、写真-1 (2)も首都圏で供用の RC 床版であり、2方向のひび割れと、遊離石灰が沈着している。次に、写真-1 (3)は、海岸線から 5.0km 以内に建設された RC 床版であり、飛来塩分により引張主鉄筋が発錆するとともに、かぶりコンクリートがはく離し、遊離石灰の沈着や 0.2mm 以上のひび割れが 2 方向に発生するなど、多くの損傷が併発している。最後に、塩害と凍害の複合劣化による RC 床版の損傷状況を写真-1 (4)に示す。この RC 床版は塩害・凍害の複合劣化を受けた RC 床版であり、2方向のひび割れと遊離石灰の発生が著しい。

以上のように、長寿命化修繕計画では、これらの劣化損傷が著しい RC 床版を早期に補修・補強する必要が考えられる。

### 2.2 RC 床版劣化に対する補修・補強法

写真-1 (1),(2)における RC 床版の 2 方向のひび割れ損傷、さらには遊離石灰が発生している RC 床版の補修・補強対策には、橋面防水工、ひび割れ補修を施し、床版下面からは炭素繊維材料による下面接着補強法が検討されている。写真-1 (3)の損傷状況の場合は、劣化したかぶりコンクリートおよび鉄筋の錆を除去し、かぶりコンクリートを元の厚さまで補修し、上面には橋面防水、ひび割れ補修も合わせて行うものとする。劣化状態の RC 床版は、CFS による下面接着補強

表-1 RC 床版構成材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋(SD295A)			
		使用 鉄筋	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
Aタイプ	18	D10	368	516	200
Bタイプ	35	D10	368	516	200

表-2 CFS および CFSS 材料特性値

補強材料名	目付量 (g/m <sup>2</sup> )	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
CFS	202	0.111	4,420	235
CFSS	600	0.333	3,400	245

法あるいは下面増厚補強法などの検討が必要である。なお、写真-1 (4)は、塩害・凍害の複合劣化を受けたために、供用開始後 30 年程度で、撤去されている。

## 3. CFS 接着補強法における補強効果に関する実験

### 3.1 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 A 5005) を使用した。ここで、凍害や塩害の損傷を想定してコンクリートの圧縮強度を設計基準強度以下になるように配合した供試体を A タイプ、設計基準強度以上の健全な供試体を B タイプとする。また、鉄筋は SD295A、D10 を使用し、その材料特性値を表-1 に示す。

#### (2) CFS および CFSS

本実験に用いた CFS は、目付量 200g/m<sup>2</sup>、設計厚 0.111mm の連続繊維シートであり、プライマー、CFS 用の接着材を用いた。ここで、CFS の材料特性は引張強度が 4,420N/mm<sup>2</sup>、弾性係数は 235kN/mm<sup>2</sup>である。

次に、本実験に用いた CFSS は、樹脂を含浸・硬化させた FRP スtrand をすだれ状に加工した材料である。本補強には、目付量 600g/m<sup>2</sup>、設計厚 0.333mm を用いた。ここで、CFSS の材料特性を表-2 に示す。

### 3.2 供試体寸法および鉄筋の配置

供試体の床版厚は、道示 II の規定に基づいて、大型自動車の 1 日 1 方向あたりの計画交通量 2000 台

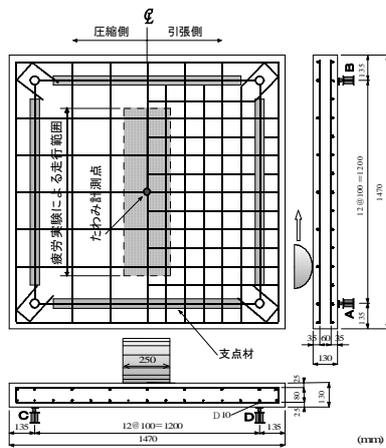


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

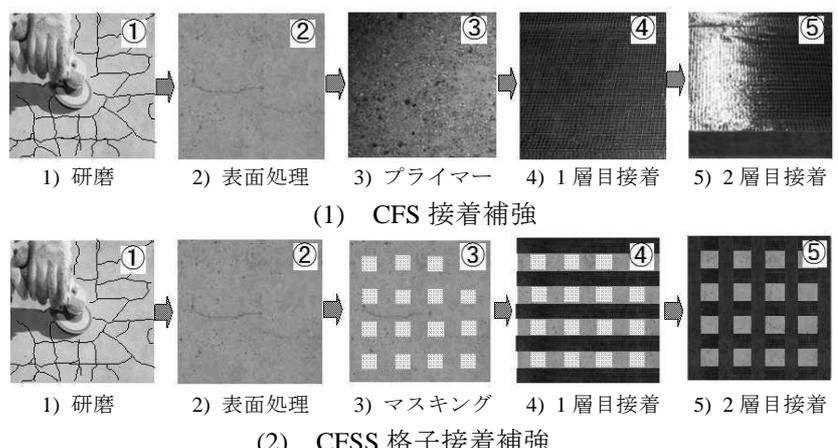


図-2 CFS 接着補強および CFSS 格子接着補強手順

以上を想定して決定した。本供試体は、道示Ⅱに規定する T 荷重分布幅 500mm に対して、本実験装置の輪荷重幅は 250mm であることから 1/2 モデルとした。また、RC 床版供試体は、輪荷重走行による変形量を拘束することが無い 4 辺単純支持の正方形版とした。耐疲労性を評価する場合の基準となる RC 床版供試体の寸法は、支間長 1200mm、張出部 135mm の全長 1470mm である。鉄筋は引張側の軸直角方向および軸方向に D10 を 100mm 間隔で配置し、有効高さをそれぞれ 105mm、95mm とする。また、圧縮側は引張鉄筋量の 1/2 を配置した。ここで、供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。

### 3.3 供試体製作方法

#### (1) CFS 接着補強法

CFS 下面接着補強 RC 床版供試体は、床版底面の不純物を除去し、コンクリートサンダーで研磨して平滑に仕上げる (図-2 (1) 1), 2) )。その後、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含浸させ、24 時間養生を行った (図-2 (1) 3) )。養生後、幅 500mm の CFS をエポキシ含浸樹脂で軸直角方向に全面接着し、24 時間養生を行った (図-2 (1) 4) )。同様に、軸方向に 2 層目を接着する (図-2 (1) 5) )。供試体の製作は実施に準拠した<sup>5)</sup>。CFS の補強範囲は、供試体支点間の内側 1100mm×1100mm の範囲に目付量 200g/m<sup>2</sup>、設計厚 0.111mm を軸直角方向および軸方向に各 1 層貼り付けした。供試体名称をそれぞれ A-CFS、B-CFS とする。

#### (2) CFSS 格子接着補強法

CFS 補強方法では、表面処理後プライマーを含浸処理と養生が必要となるが、CFSS 格子接着補強法の場合はプライマー処理が不要であり、コンクリートの表面処理後に直接 CFSS を接着することから、CFS 接着補強法に比してプライマー処理が省略できることから施工の省力化となる。また、CFS 接着

補強法は床版下面に CFS を全面接着することから、床版上面から浸透した雨水が 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 格子接着補強法は、CFSS を格子状に接着とすることから、RC 床版内部の雨水が自然排水なり、さらに事後点検が容易となるなどの利点がある。

本実験に用いる CFSS は目付量 600g/m<sup>2</sup> で、設計厚 0.333mm である。CFSS の接着範囲は A、B タイプはともに支点間内の 1100mm×1100mm の範囲とする。また、A、B タイプは、長さ 1100mm、幅 50mm に切断した CFSS を 150mm 間隔で軸直角方向および軸方向に格子状に補強する。

CFSS 格子接着補強法は、設計・施工指針(案)<sup>1)</sup>に準拠して施工する。まず、RC 床版下面をコンクリートサンダーで研磨し、平滑に仕上げる (図-2 (2) 1), 2) )。次に、RC 床版下面にマスキングテープを接着する (図-2 (2) 3) )。その後、マスキング以外の面に CFSS を 1 方向に配置し、CFSS のすだれ状の隙間からエポキシ系樹脂接着剤を浸透させ、24 時間養生を行う (図-2 (2) 4) )。その後、軸方向に CFSS を接着して格子状を形成する (図-2 (2) 5) )。ここで、供試体名称を、それぞれ A-CFSS、B-CFSS とする。

### 4. 輪荷重走行疲労実験方法および等価走行回数

#### 4.1 輪荷重走行疲労実験方法

輪荷重走行疲労実験は、RC 床版および CFS 接着および CFSS 格子接着補強 RC 床版ともに床版中央から両支点方向に 450mm (走行範囲 : 900mm) の範囲に輪荷重 (幅 250mm) を繰返し走行させる実験である。

本供試体の寸法は、輪荷重の幅が道示Ⅱに規定する T 荷重の接地幅の 1/2 であることから、1/2 モデルとした。よって、設計活荷重は 50kN であることから、これに安全率 1.2 を考慮した 60kN が設計活荷重となる。

輪荷重走行疲労実験による耐疲労性の評価は、基準荷重、実験荷重と走行回数の関係から評価される等価走行回数を取得して評価する。そこで、この種の実験を数年間にわたり継続的に実験を行った結果から、初期荷重の設定はAタイプが80kN、Bタイプが60kNで異なっているが、本実験による補強効果は等価走行回数を基準に評価することから、輪荷重走行疲労実験における初期荷重は等価走行回数には影響を及ぼさない。なお、たわみの計測はマイナー則に従い、1, 10, 100, 1,000回とし、その後は5,000回ごとに実施する。

## (2) 走行疲労実験における等価走行回数

本実験における輪荷重走行疲労実験は、2万回ごとに荷重を増加する段階荷重載荷と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)における基準荷重Pは設計活荷重の1/2に安全率1.2を考慮した60kNとして等価走行回数を算出する。また、式(1)におけるS-N曲線の傾きの逆数mは、1964年改定の設計基準に準拠して製作したRC床版を対象とした輪荷重走行実験の結果から提案されたS-N曲線の傾きの逆数は $m=12.7$ である<sup>7)</sup>。なお、東京都の実験では $m=6.0$ が得られている<sup>8)</sup>。また、CFS接着補強したRC床版の耐疲労性の評価でも松井らが提案する12.7が適用されている<sup>8)</sup>。これらのことから、長寿命化修繕計画で修繕対象となっているRC床版は1964年代の設計基準で設計された床版が多いことから、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<sup>7)</sup>。

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

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

## 5. 輪荷重走行疲労実験の結果および考察

### 5.1 等価走行回数

全ての供試体の等価走行回数 $N_{eq}$ を表-3に示す。

#### (1) Aタイプ

コンクリートの圧縮強度が18N/mm<sup>2</sup>のRC床版供試体A-RCの等価走行回数 $N_{eq}$ は29,462回である。CFS接着補強供試体A-CFSの等価走行回数 $N_{eq}$ は481,724回であり、RC床版供試体の16.4倍の補強効果が得られた。また、CFSS格子接着補強供試体A-CFSS-1, 2の等価走行回数の平均は629,201回となり、RC床版供試体に比して21.4倍の補強効果が得られた。次に、CFS接着補強供試体とCFSS格子接着補強供試体の等価走行回数を比較すると、CFSS格子接着補強供試体が1.30倍の補強効果が得られた。

表-3 実験回数および等価走行回数

供試体	等価走行回数 合計(回)	平均等価 走行回数(回)	走行回数 比
A-RC	29,462	29,462	—
A-CFS	481,724	481,724	16.4
A-CFSS-1	768,262	629,201	21.4
A-CFSS-2	490,140		
B-RC-1	7,346,848	7,938,030	—
B-RC-2	8,529,213		
B-CFS-1	163,317,396	148,256,151	18.7
B-CFS-2	133,194,905		
B-CFSS	184,410,488	184,410,488	23.2

#### (2) Bタイプ

コンクリートの圧縮強度が35N/mm<sup>2</sup>のRC床版供試体B-RC-1, 2の等価走行回数 $N_{eq}$ の平均は7,938,030回である。このRC床版供試体の等価走行回数 $N_{eq}$ の平均に対してCFS補強したRC床版供試体B-CFS-1, 2の等価走行回数 $N_{eq}$ の平均は148,256,151回であり、RC床版供試体の18.7倍の補強効果が得られた。また、CFSS格子接着補強RC供試体B-CFSSの等価走行回数 $N_{eq}$ は184,410,488回となり、RC床版供試体に比して23.2倍の補強効果が得られた。CFS接着補強RC床版供試体とCFSS格子接着補強RC床版供試体の等価走行回数を比較すると、CFSS格子補強供試体が1.24倍の補強効果が得られ、コンクリートの圧縮強度が18N/mm<sup>2</sup>のAタイプの供試体と同様に補強効果が得られた。

コンクリートの圧縮強度の差による等価走行回数を比較すると、コンクリートの経年劣化を想定した圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>の供試体A-RCの等価走行回数は、コンクリートの圧縮強度35N/mm<sup>2</sup>の供試体B-RCの等価走行回数の平均の0.4%程度である。また、CFS補強したRC床版供試体A-CFSは、コンクリートの圧縮強度35N/mm<sup>2</sup>の供試体B-CFSの0.3%程度となり、補強効果は得られるものの耐疲労性は評価できない程度である。

また、コンクリートの圧縮強度が設計基準強度を下まわった場合は、CFS接着補強およびCFSS格子接着補強法ともに補強効果は得られるものの、道路橋RC床版としての耐疲労性は期待できない。したがって、橋梁点検においてはひび割れ間隔による損傷度の評価に加え、コンクリートの圧縮強度を適切に診断して、補強対策を検討する必要がある。とくに、RC床版の劣化過程が加速期から劣化期に相当するRC床版および床版下面全体に遊離石灰が沈着している場合は、コンクリートのコア採取し、圧縮強度試験を行うなど詳細な点検を行う必要があると考えられる。

### 5.2 たわみと等価走行回数の関係

等価走行回数とたわみの関係を図-3に示す。

#### (1) Aタイプ

Aタイプの供試体A-RCは、初期荷重載荷時からたわみ量は大きく、等価走行回数5,000回付近で

3mm となり、その後急激にたわみが増加して破壊となった。CFS 接着補強した供試体 A-CFS は、等価走行回数 386,119 回付近でたわみが 3mm に達し、その後の走行を繰り返すことによりたわみが著しくなり、破壊に至った。次に、CFSS 格子接着補強した供試体 A-CFSS-1, 2 とともにたわみが 3mm を超えた付近の走行からたわみの増加が著しくなり破壊に至っている。

以上より、RC 床版に CFS 接着補強および CFSS 格子接着補強することにより、たわみの増加が抑制されており、等価走行回数が増加した。しかし、たわみの増加が抑制されたことから補強効果は評価されるものの、コンクリートの圧縮強度が設計基準強度を下回っていることから、押抜きせん断破壊が先行し、耐疲労性が認められない。したがって、劣化 RC 床版、とくに凍害を受けた RC 床版は、補強時にコンクリートの圧縮強度の診断が必要である。

## (2) Bタイプ

B タイプの RC 床版供試体はたわみが 3mm、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。また、筆者らの RC 床版に対する輪荷重走行試験による疲労実験においても、支間 L の 1/400 付近からたわみの増加が著しくなることが報告されている<sup>9)</sup>。たわみが 3mm となる等価走行回数を前後のたわみと等価走行回数の関係から補間法により算出すると、RC 床版供試体 B-RC-1 では 1,980,000 回、B-RC-2 では 2,780,000 回であり、その後の走行からたわみの増加が著しくなり、破壊に至っている。CFS 補強した RC 床版供試体についても、たわみが B-CFS-1 では 3mm、B-CFS-2 では 3.2mm を超えた付近からたわみの増加が著しくなっている。たわみがそれぞれ 3mm、3.2mm となる等価走行回数は供試体 B-CFS-1, 2 で、それぞれ、85,200,000 回、70,400,000 回であり、RC 床版供試体 B-RC-1, 2 の 3mm となる等価走行回数の平均値 2,380,000 と比較すると 29.6 倍から 35.8 倍となる。したがって、CFS 補強した RC 床版はたわみの増加が抑制されて等価走行回数が増大したものである。次に、CFSS 格子接着補強 RC 床版供試体 B-CFSS は、RC 床版供試体 B-RC の平均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 93,400,000 回であり、B-RC-1, 2 の平均等価走行回数に比較すると 39.2 倍となった。

したがって、RC 床版に CFS 補強することで RC 床版の剛性が高まり、たわみの増加が抑制され、等価走行回数が大幅に増加した。また、CFSS 格子接着補強した RC 床版供試体においても CFS 補強と同様に、たわみの増加が抑制されており、等価走行回数も増加している。

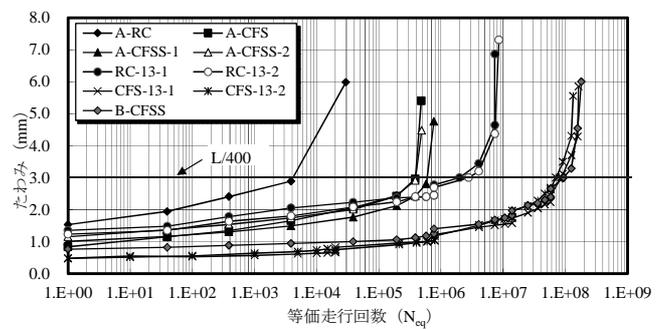


図-3 たわみと等価走行回数の関係

## 5.3 破壊形状

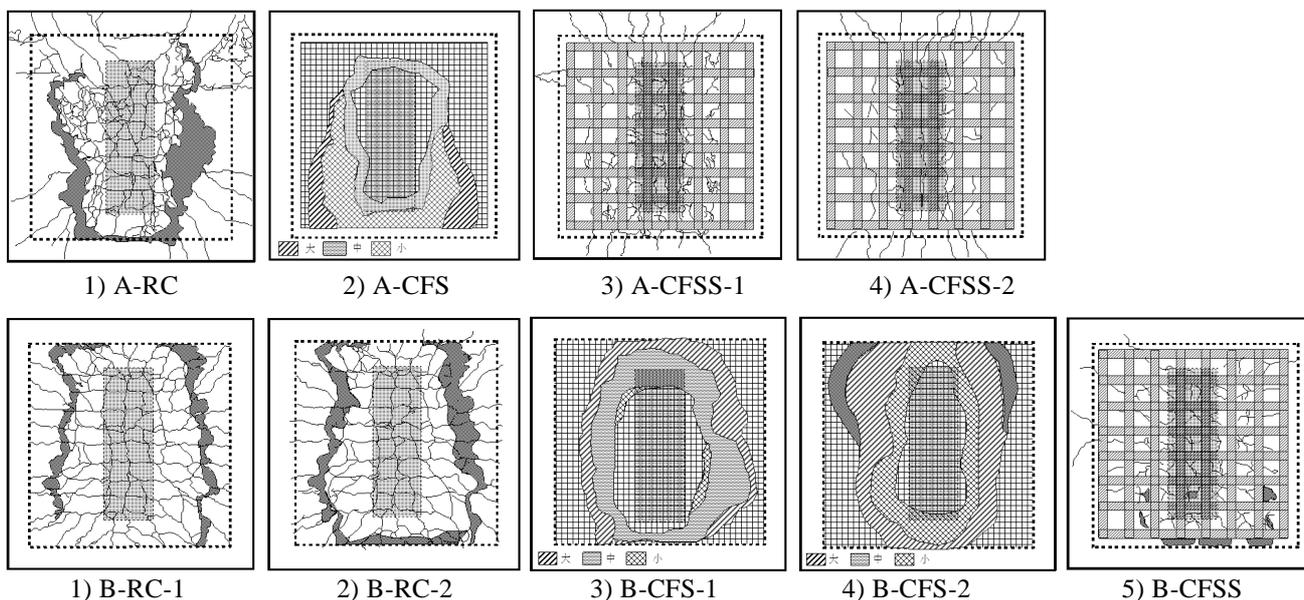
本実験における全供試体の破壊状況を図-4 に示す。なお、図-4 に示した CFS のはく離の大小は打音法により、完全にはく離している位置の音を大、濁音を中、やや濁音のある部分を小とした。

### (1) Aタイプ

コンクリートの圧縮強度が  $18\text{N/mm}^2$  の RC 床版供試体 A-RC のひび割れ状況は図-4 (1) 1) に示すように、引張主鉄筋および配力筋の配置位置に 2 方向のひび割れが発生し、亀甲状を形成している。輪荷重載荷位置から 45 度の下面はダウエル効果の影響によりコンクリートのはく離は広範囲にわたっている。また、CFS 接着補強供試体 A-CFS は図-4 (1) 2) に示すように、輪荷重載荷位置から 45 度の下面、すなわち無補強 RC 床版がダウエル効果の影響を受ける範囲で CFS のはく離が見られる。このはく離は RC 床版のコンクリート部で生じたものである。破壊は輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となり、CFS の破断は見られない。次に、CFSS 格子接着補強供試体 A-CFSS-1, 2 は、図-4 (1) 3), 4) に示すように軸方向の CFSS 格子間にひび割れが多く発生している。破壊は走行中に押抜きせん断破壊となり、CFSS の破断は見られない。なお、CFSS 格子接着補強は橋梁点検におけるひび割れ発生の確認が容易となる。

### (2) Bタイプ

コンクリートの圧縮強度が  $35\text{N/mm}^2$  の RC 床版供試体 B-RC-1, 2 のひび割れ状況は図-4 (2) 1), 2) に示すように、鉄筋の主鉄筋および配力筋の配置位置で、2 方向のひび割れが発生し、亀甲状を形成している。破壊状況は、輪荷重の接地面から約 45 度の下面コンクリートにダウエル効果によりはく離している。破壊モードは輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。次に、CFS 接着補強供試体の B-CFS-1, 2 は図-4 (2) 3), 4) に示すように、輪荷重載荷位置から 45 度の下面の位置、すなわち、無補強 RC 床版のダウエル効果が及ぼす範囲で CFS のはく離が著しい。また、その周辺ではややはく離が見られる。CFS 補強における押抜きせん断破壊に伴う



(1) Aタイプ供試体の破壊形状 (上) (2) Bタイプ供試体の破壊形状 (下)

図-4 AタイプおよびBタイプ供試体の破壊状況

CFSの破断は見られない。また、CFSS格子接着補強供試体B-CFSSは図-4 (2), 5)に示すように軸直角方向および軸方向の2方向ひび割れが発生している。破壊は輪荷重走行中に押抜きせん断破壊となった。

## 6. まとめ

①遊離石灰化や凍害によりコンクリートの圧縮強度が設計基準強度以下となる場合を想定して製作したAタイプの供試体にCFS接着補強およびCFSS格子接着補強した場合、無補強RC床版に比してそれぞれ16.4倍、21.4倍の補強効果が得られた。これは、Bタイプの供試体に比して0.4%程度の効果であり、補強後のRC床版の耐疲労性は期待できない。したがって、圧縮強度が低下しているRC床版は設計基準強度を確保するための補強対策が必要となる。

②Bタイプの供試体にCFS接着およびCFSS格子接着補強した場合、無補強RC床版に比してそれぞれ18.7倍、23.2倍の補強効果となり、耐疲労性が大幅に向上した。

③破壊状況は、各タイプの供試体で押抜きせん断破壊となり、荷重載荷位置から45度底面はダウエル効果によりコンクリートがはく離している。また、CFS接着補強したRC床版はダウエル効果が及ぼす範囲でCFSSのはく離が著しい。CFSSは格子状に接着したことによりひび割れ状況が目視で確認できる。

④たわみと等価走行回数との関係からは、RC床版、CFS接着補強およびCFSS格子接着補強RC床版ともに床版支間Lの1/400を超えた付近から急激にたわみが増加し始める。したがって、RC床版供試体はたわみが床版支間Lの1/400を超えた付近で補修・補強対策を、CFS接着およびCFSS格子接着補強RC床版において

も同様に再補修を施す必要がある。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, (2004)
- 2) 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子, 小森篤也, 児玉孝喜：輪荷重走行疲労実験におけるRC床版上面増厚補強法の耐疲労性の評価法, 構造工学論文集 (日本学術会議・土木学会), Vol. 56A, pp. 1270-1281, (2010)
- 3) Makiko TAKANO, Tadashi ABE, Tetsukazu KIDA, Akira KOBAYASHI and Atsuya KOMORI : Fatigue Characteristics of CFS-Reinforced RC Slabs Sustaining Running Vibration Loads and Running Constant Loads, THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS JAPAN, Vol. 58, pp.31-39, (2010)
- 4) 国土交通省：橋梁定期点検要領(案), (2004)
- 5) 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)
- 6) 小野貴之, 三田村浩, 林川俊朗, 松井繁之：積雪寒冷地におけるRC床版の疲労耐久性向上について, 構造工学論文集Vol.55A, pp. 1432-1441, (2009)
- 7) 松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理, 森北出版, (2007)
- 8) 土木学会：道路橋床版の要求性能と維持管理技術 (社)土木学会/鋼構造委員会, pp.237-240, (2009)
- 9) 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子, 小森篤也, 児玉孝喜：輪荷重走行疲労実験におけるRC床版上面増厚補強法の耐疲労性の評価法, 構造工学論文集(日本学術会議・土木学会) Vol.56A, pp.1270-1281, (2010)