

## 論文

# 増厚層内に鋼板格子筋を配置して接着剤塗布型SFRC上面増厚補強したRC床版の耐疲労性および付着性の評価

中島博敬\*, 阿部忠\*\*, 野口博之\*, 塩田啓介\*\*\*, 吉岡泰邦\*\*\*\*, 有菌和樹\*\*\*\*

\* 日本大学, 大学院生産工学研究科土木工学専攻博士後期課程 (〒 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)

\*\*\* JFE シビル株式会社, 技術部 (〒 111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4)

\*\*\*\* JFE シビル株式会社, 社会基盤事業部 (〒 111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4)

本研究は、道路橋 RC 床版の上面増厚補強法の 1 つとして 2 タイプの鋼板格子筋を増厚層内に配置した接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強した供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、耐疲労性の評価および増厚界面の付着性について検証した。その結果、接着剤と 2 タイプの鋼板格子筋を併用することにより RC 床版供試体に対して 104.06 ~ 106.45 倍の等価走行回数が得られていることから耐疲労性が大幅に向上した。また、接着剤の合成効果により既設床版と SFRC との付着性が向上し、終局時においても一体性を保持し、はく離を抑制する結果となった。

キーワード: RC 床版, 鋼板格子筋, 接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強, 耐疲労性

## 1. はじめに

現在、供用されているコンクリート建造物の多くは高度成長期に建設され、供用開始から 50 年以上が経過し、その維持管理が課題となっている<sup>1)</sup>。その中でも損傷が著しい部材が RC 床版であり、車両の繰り返し走行による疲労を原因とした床版コンクリートのはく離や剥がれ落ちが報告されている。また、海岸線では飛来塩分による塩害、積雪寒冷地域では凍害や融雪剤の散布による塩害の複合劣化が生じ、床版上面のコンクリートが土砂化するなどの損傷を受けている。このような損傷を受けた RC 床版の補強対策として耐荷力性能・耐疲労性の向上を目的とした鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC とする）を用いた SFRC 上面増厚補強法が適用されている。また、SFRC を既設床版に直接増厚した場合、車両の繰り返し走行により発生する曲げなどによって増厚界面にはく離が生じ、再補強する必要があることから増厚界面にエポキシ系接着剤を塗布した上面増厚補強法が提案されている<sup>2)</sup>。

一方、車両の繰り返し走行による疲労損傷に加えて道路橋示方書・同解説<sup>3)</sup>（以下、道示とする）の変遷に伴う設計厚や鉄筋量の不足により耐荷力性能が低下しているコンクリート部材に対して、鉄筋を格子状に組み立てた増厚補強法が適用されている。しかし、鉄筋を格子状に組み立てるためかぶりコンクリートを考慮した場合、増厚層が厚くなり死荷重の増大が懸念される。鉄筋に替わる補強筋として新たに一般鋼板または縞鋼板をレーザ加工した鋼板格子筋が開発され、はりや床版、カルバートの増厚補強に適用されている<sup>4)~7)</sup>。

表-1 RC 床版の材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	使用鉄筋 (SD295A,D10)		
		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> )
RC35	35.0	370	510	200
RC38	38.2	345	447	

表-2 SFRC の示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )					SP (C×%)
		C	W	S	G	SF	
39.5	51.2	430	170	851	858	100	2.0

そこで本研究は、増厚層内に鋼板格子筋を配置し接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強を施した RC 床版の耐疲労性を評価する。また、増厚界面の一体性を検証するために疲労実験終了後の供試体を用いて建研式引張試験を行い界面の付着性について検証を行った。

## 2 使用材料および供試体概要

### 2.1 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に最大骨材寸法 20mm の粗骨材、最大骨材寸法 5mm の細骨材を使用した。鉄筋には SD295A D10 を使用する。ここで、コンクリートの材料特性値および鉄筋の材料特性値を表-1 に示す。

#### (2) SFRC

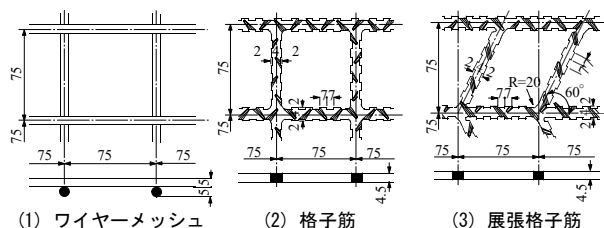
上面増厚に用いる SFRC は道示に規定するコンクリートの設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> を材齢 3 時間で確保できる条

表－3 補強筋の材料特性値

引張補強筋	断面寸法 (mm)	格子間隔 (mm)	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> )
ワイヤーメッシュ	φ5	75	-	592	200
格子筋	4.5×4.0	75	338	430	200
展張格子筋	4.5×4.0	75	327	430	200

表－4 補強筋の引張剛性

補強筋	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )	本数 (本/m)	引張剛性 (kN/m)
ワイヤーメッシュ	200	19.63	13.3	52.22
格子筋	200	18.00	13.3	47.88
展張格子筋	200	18.00	13.3	47.88



図－1 補強筋の形状および寸法

件とする。SFRC のセメントには超速硬セメントを使用し、最大骨材寸法 15mm の粗骨材と φ0.6mm、長さ 30mm の両端フック型の鋼繊維を混入量 1.27vol% (100kg/m<sup>3</sup>) で配合する。ここで、SFRC の示方配合を表－2 に示す。なお、SFRC の材齢 3 時間の圧縮強度は 26.9N/mm<sup>2</sup> と材料の要求性能を満たす。

### (3) 補強筋

車両の繰り返し走行に RC 床版はひび割れの発生に伴いコンクリート内部に雨水が浸水し、床版上面コンクリートは土砂化や鉄筋の腐食などの損傷を受け耐荷力性能が低下しているのに加えて、設計基準の変遷に伴い床版厚や鉄筋量が不足している。このように耐荷力性能が低下している床版の対策として増厚層内に補強筋を配置する補強法が適用されている。本実験では、増厚層内に配置する補強筋としてワイヤーメッシュおよび 2 タイプの鋼板格子筋を用いる。

#### 1) ワイヤーメッシュ

本供試体に用いるワイヤーメッシュは φ5mm (断面積=19.63mm<sup>2</sup>)、格子間隔 75×75mm のワイヤーメッシュを用いる。ここに、ワイヤーメッシュの材料特性値を表－3、引張剛性を表－4、形状および寸法を図－1 に示す。

#### 2) 鋼板格子筋

鋼板格子筋は一般鋼板または縞鋼板にレーザーで直接格子状に加工する格子筋と鋼板にレーザーでスリットを挿入し、展張加工した展張格子筋の 2 タイプが開発された。

本実験に用いる格子筋および展張格子筋には SS400 相当の厚さ 4.5mm の縞鋼板を用いる。格子間隔はワイヤーメッシュと同様に格子間隔 75×75mm となるようにレーザー加工および展張加工する。また、断面積も同等となる

表－5 高耐久型エポキシ系樹脂接着剤の材料特性値

項目	実測値	備考
外観	主剤	白色ペースト状
	硬化剤	青色液状
		異物混入なし
混合比 (主剤：硬化剤)	5：1	重量比
硬化物比重	1.42	JIS K 7112
圧縮強さ	102.9N/mm <sup>2</sup>	JIS K 7181
圧縮弾性係数	3,976N/mm <sup>2</sup>	JIS K 7181
曲げ強さ	41.6N/mm <sup>2</sup>	JIS K 7171
引張せん断強さ	14.86N/mm <sup>2</sup>	JIS K 6850
コンクリート 付着強さ	3.7N/mm <sup>2</sup> または、母材破壊	JIS K 6909

ように断面寸法は厚さ 4.5mm、幅 4.0mm (断面積=18.00mm<sup>2</sup>) とする。さらに、7mm 間隔ごとに 2mm の突起を設けて付着性を高める構造とする。ここに、格子筋および展張格子筋の材料特性値を表－3、引張剛性を表－4、形状および寸法を図－1 に併記する。

### (4) 高耐久型エポキシ系樹脂接着剤

ショットブラストなどの研掃後に直接コンクリートを打込む従来の SFRC 上面増厚補強を施した RC 床版は輪荷重の繰り返し走行による曲げやせん断の影響を受けて供用開始から数年で増厚界面が早期にはく離し、再補強を施す必要がある。これらのことから阿部ら<sup>2)</sup>は、ショットブラストによる研掃後の既設床版と増厚コンクリートとの付着性を高めるために高耐久型エポキシ系樹脂接着剤 (接着剤) を塗布した接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強法を提案し、接着剤を界面に塗布することで一体性が確保され耐疲労性が向上する結果が得られている。そこで本研究においても既設床版と SFRC との一体性を高めるために増厚界面に接着剤を塗布する。ここで、接着剤の材料特性値を表－5 に示す。

## 2.2 供試体寸法

本実験に用いる供試体寸法は、2002 年改定の道示<sup>3)</sup>の規定に基づいて設計し、その 1/2 モデルとする。ここで、供試体の寸法および鉄筋配置を図－2 に示す。

### (1) RC床版供試体

RC 床版供試体の寸法は、支間長 1,200mm、全長 1,470mm、床版厚 130mm とする。鉄筋は複鉄筋配置として引張側に D10 を 100mm の間隔で配置し、有効高さは橋軸直角方向および橋軸方向それぞれ 105mm、95mm とする。また、圧縮側は引張鉄筋量の 1/2 を配置する。ここで、コンクリートの圧縮強度 35N/mm<sup>2</sup> の床版供試体の名称を RC35、コンクリートの圧縮強度 38N/mm<sup>2</sup> の床版供試体の名称は RC38 とする。

### (2) SFRC上面増厚補強した供試体

SFRC 上面増厚補強した RC 床版供試体は、RC 床版上面を 10mm 切削し、研掃する。研掃後、SFRC を 40mm 増厚し、床版全厚を 160mm とする。

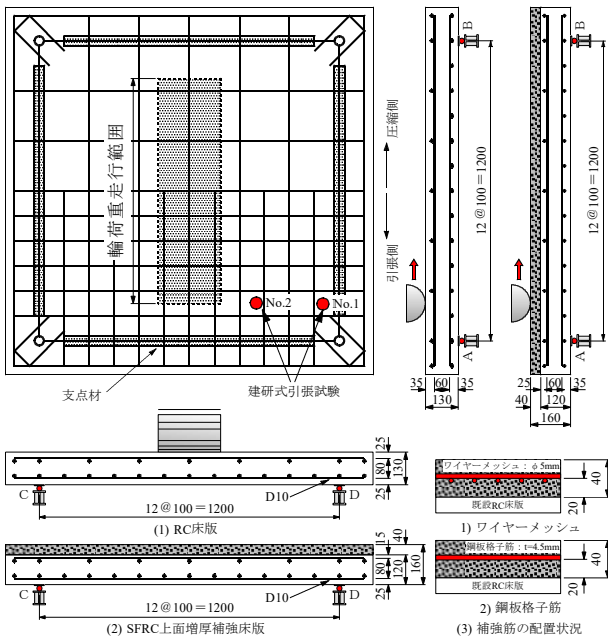


図-2 供試体寸法および鉄筋配置

### (3) 増厚層内に補強筋を配置した供試体

増厚層内にワイヤーメッシュおよび鋼板格子筋を配置し SFRC 上面増厚補強した RC 床版供試体は、SFRC 上面増厚補強した RC 床版供試体と同様に上面を 10mm 切削し、研掃する。研掃後、既設床版の界面から 20mm の位置にワイヤーメッシュまたは鋼板格子筋を配置して SFRC を 40mm 増厚し、床版全厚 160mm とする。

### 2.3 上面増厚補強の施工手順

SFRC 上面増厚補強および接着塗布型 SFRC 上面増厚補強のは上面増厚工法設計施工マニュアル<sup>8)</sup>に基づき施工する。

#### (1) SFRC 上面増厚補強

SFRC 上面増厚補強した RC 床版および増厚層内に補強筋を配置して SFRC 上面増厚補強した RC 床版の施工手順は、床版上面を 10mm 切削して切削面の付着性を高めるためにショットブラストによる 1 種ケレン（投射密度 150kg/m<sup>2</sup>）で研掃する。研掃後、SFRC を 40mm 増厚して養生する。また、増厚層内に補強筋を配置して SFRC 上面増厚補強する場合は、研掃後に界面から 20mm の位置に補強筋を配置し、SFRC を 40mm 増厚して養生する。ここで、SFRC 上面増厚補強した RC 床版の供試体名称を RC35-SF、増厚層内にワイヤーメッシュを配置した供試体を RC38-SF.W、格子筋を配置した供試体を RC38-SF.G、展張筋を配置した供試体を RC38-SF.EG とする。

#### (2) 接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強

増厚界面に接着剤を塗布して SFRC 上面増厚補強した RC 床版および接着剤と補強筋を併用した SFRC 上面増厚補強した RC 床版の補強手順は SFRC 上面増厚補強した RC 床版と同様に 10mm 切削し、表面を研掃する。その後、補強界面から 20mm の位置に補強筋を配置して接

着剤を平均 1.0mm 厚で塗布して直ちに SFRC を 40mm 増厚して養生する。ここで、増厚界面に接着剤を塗布した供試体を RC35-SF.A、接着剤と格子筋を併用した供試体を RC38-SF.G.A、接着剤と展張筋を配置した供試体を RC38-SF.EG.A とする。

## 3. 実験方法

### 3.1 輪荷重走行疲労実験

輪荷重走行疲労実験は RC 床版供試体および SFRC 上面増厚補強した RC 床版供試体ともに床版支間中央から ±450mm の範囲を輪荷重の繰り返し走行させる。また、20,000 回走行ごとに荷重を増加させ破壊に至るまで繰り返し走行する。すべての供試体の初期荷重は 80kN とし、20,000 回走行ごとに荷重を 20kN 増加させる段階荷重載荷とする。

### 3.2 等価走行回数

本実験における輪荷重走行疲労実験は 20,000 回走行ごとに荷重を増加させ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)として与えられる。なお、供試体寸法を実橋梁 RC 床版の 1/2 モデルとしていることから式(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、等価走行回数を算出する。また、式(1)における S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値  $m$  には、松井ら<sup>9)</sup>が提案する S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値  $m=12.7$  を適用する。

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

ここに、 $N_{eq}$ ：等価走行回数（回）、 $P_i$ ：走行荷重（kN）、 $P$ ：基準荷重（=60kN）、 $n_i$ ：実験走行回数（回）、 $m$ ：S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値（=12.7）

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 等価走行回数

本実験における等価走行回数を表-6 に示す。

#### (1) RC 床版供試体

供試体 RC35 および供試体 RC38 の等価走行回数はそれぞれ  $8.52 \times 10^6$  回、 $11.15 \times 10^6$  回であり、RC 床版供試体の平均等価走行回数は  $9.83 \times 10^6$  回である。この等価走行回数を基準に SFRC 上面増厚補強した供試体の耐疲労性を検証する。

#### (2) 直接 SFRC 上面増厚補強した供試体

既設 RC 床版に直接 SFRC 上面増厚補強した供試体 RC35-SF の等価走行回数は  $200.46 \times 10^6$  回であり RC 床版供試体と比較して 20.38 倍の等価走行回数を得られている。次に、増厚層内にワイヤーメッシュを配置した供試体

表-6 実験走行回数および等価走行回数

供試体		荷重					等価走行回数 合計	平均等価 走行回数	走行 回数比
		80 kN	100 kN	120 kN	130 kN	140 kN			
RC35*1	実験走行回数	20,000	5,000				8,523,300	9,837,039	—
	等価走行回数	772,239	7,751,061						
RC38	実験走行回数	20,000	15,800				11,150,778		
	等価走行回数	772,239	10,378,539						
RC35-SF*1	実験走行回数	20,000	20,000	20,000	2,908		200,464,470	200,464,470	20.38
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433	53,475,407				
RC38-SF.W	実験走行回数	20,000	20,000	20,000		8,950	568,810,074	568,810,074	57.82
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433		421,821,011			
RC38-SF.G	実験走行回数	20,000	20,000	20,000		8,300	538,165,029	538,165,029	54.71
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433		391,175,966			
RC38-SF.EG	実験走行回数	20,000	20,000	20,000		8,800	561,740,448	561,740,448	57.10
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433		414,751,385			
RC35-SF.A*1	実験走行回数	20,000	20,000	20,000	14,630		416,021,113	416,021,113	42.29
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433	269,032,050				
RC38-SF.G.A	実験走行回数	20,000	20,000	20,000		19,100	1,047,188,093	1,047,188,093	106.45
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433		900,199,030			
RC38-SF.EG.A	実験走行回数	20,000	20,000	20,000		18,600	1,023,622,673	1,023,622,673	104.06
	等価走行回数	772,239	13,137,391	133,079,433		876,633,610			

\*1 参考文献 2)

RC38-SF.W の等価走行回数は  $568.810 \times 10^6$  回であり、RC床版供試体と比して 57.82 倍の等価走行回数が見られている。また、増厚層内にワイヤーメッシュを配置することで SFRC 上面増厚補強した供試体 RC35-SF の 2.84 倍の等価走行回数が見られた。

増厚層内に格子筋または展張筋を配置して SFRC 上面増厚補強した供試体 RC38-SF.G および RC38-SF.EG の等価走行回数はそれぞれ  $538.16 \times 10^6$  回、 $561.74 \times 10^6$  回であり、RC床版供試体と比してそれぞれ 54.71 倍、57.10 倍の等価走行回数が見られ、増厚層内に格子筋または展張筋を配置することで SFRC 上面増厚補強した供試体 RC35-SF の 2.68 倍、2.80 倍の等価走行回数が見られた。増厚層内にワイヤーメッシュを配置した供試体 RC38-SF.W の等価走行回数と比して 0.95 倍、0.99 倍と僅かであるが差異が生じている。この差異はワイヤーメッシュと格子筋、展張筋の引張剛性の差によって生じたものと考えられる。

### (3) 接着剤塗布型SFRC上面増厚補強した供試体

既設 RC 床版の上面を研掃後に接着剤を塗布して SFRC 上面増厚補強した供試体 RC35-SF.A の等価走行回数は  $416.02 \times 10^6$  回であり、RC床版供試体と比して 42.29 倍の等価走行回数が見られている。また、接着剤を塗布したことにより直接 SFRC 上面増厚補強した供試体 RC35-SF と比較して 2.08 倍の等価走行回数が見られた。格子筋または展張筋と接着剤を併用し SFRC 上面増厚補強した供試体 RC38-SF.G.A および RC38-SF.EG.A の等価走行回数はそれぞれ  $1047.18 \times 10^6$  回、 $1023.62 \times 10^6$  回であり、RC床版供試体と比してそれぞれ 106.45 倍、104.06 倍の等価走行回数が見られた。また、格子筋または展張筋と接着剤を併用することで供試体 RC38-SF.G および RC38-SF.EG と比してそれぞれ 1.95 倍、1.82 倍の等価走行回数が見られた。

以上より、増厚層内に補強筋を配置して接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強を施した RC 床版は補強筋による剛

性の向上および接着剤の塗布による合成効果によって等価走行回数が大幅に向上することから耐疲労性が大幅に向上した。

## 4.2 破壊状況

本実験における RC 床版供試体および SFRC 上面増厚補強供試体の破壊状況を図-3 に示す。また、SFRC 上面増厚補強供試体の切断面を図-3 に併記する。

### (1) RC床版供試体

供試体 RC35 および RC38 の破壊状況は図-3(1)、(2)に示すように床版下面では橋軸方向の配力鉄筋および橋軸直角方向の鉄筋に沿ってひび割れが発生し、格子状を形成している。破壊は両供試体ともに押抜きせん断破壊に至った。また、押し抜きせん断破壊に伴い、引張鉄筋のダウエル効果の影響範囲でコンクリートのはく離が見られる。

### (2) 直接SFRC上面増厚補強した供試体

供試体 RC35-SF の破壊状況は図-3(3)に示すように、床版下面で RC 床版供試体と同様に主鉄筋および配力鉄筋に沿ってひび割れが発生し、格子状を形成している。破壊は押し抜きせん断破壊に至った。また、切断面は図-3(3)(2)、(3)に示すように橋軸直角方向および橋軸方向ともに増厚界面付近にひび割れが発生している。

供試体 RC38-SF.W、RC38-SF.G、RC38-SF.EG の破壊状況は図-3(4)(6)に示すように、供試体 RC35-SF と同様に 2 方向ひび割れが発生し、格子状を形成している。破壊は押し抜きせん断破壊に至った。次に、切断面では橋軸方向断面の増厚界面付近でひび割れが伸展し、輪荷重の折り返し付近から斜めひび割れが発生している。また、橋軸直角方向断面においても増厚界面でひび割れが広範囲に伸展している。これは、輪荷重の繰り返し走行により発生する界面のずれによってのはく離が発生していると考えられる。

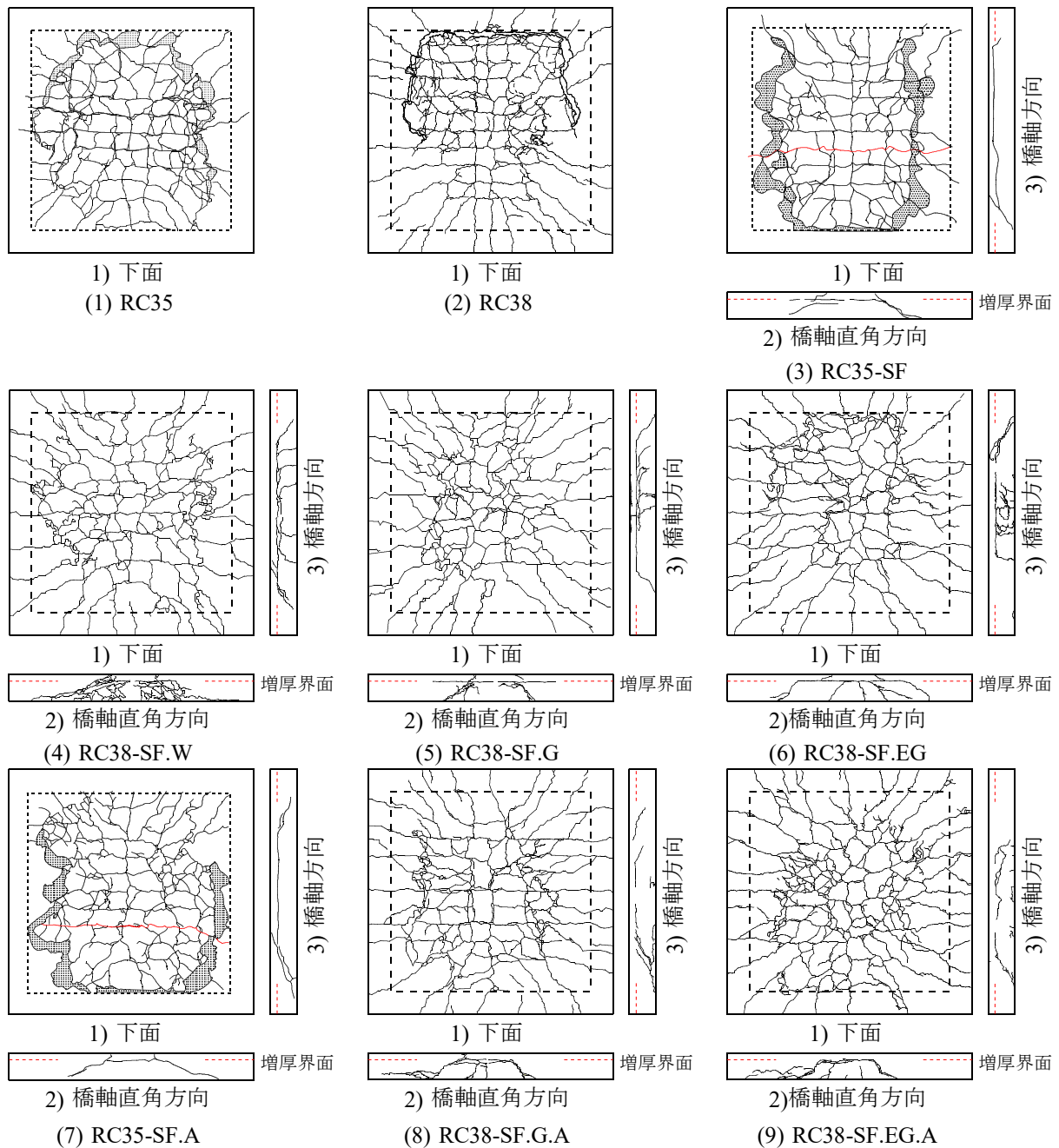


図-3 破壊状況

### (3) 接着剤塗布型SFRC上面増厚補強した供試体

供試体 RC35-SF.A の破壊状況は図-3(7)に示すように、供試体 RC35-SF と同様に主鉄筋および配力鉄筋に沿ってひび割れが発生し、格子状を形成している。破壊は押抜きせん断破壊に至った。切断面には橋軸直角方向および橋軸方向ともに増厚界面付近にひび割れが発生しているものの、供試体 RC35-SF と比して増厚界面でのひび割れの伸展範囲が狭く、橋軸直角方向では載荷輪直下のみとなっている。これは、接着剤の塗布によりずれが抑制され終局時まで一体性が保持されたためと考えられる。

供試体 RC38-SF.G.A および RC38-SF.EG.A の破壊状況は図-3(8), (9)に示すように、2方向ひび割れが発生し、格子状を形成している。破壊は押抜きせん断破壊に至っ

た。切断面では橋軸方向の増厚界面付近でひび割れが伸展し、輪荷重の折り返し付近から斜めひび割れが発生している。橋軸直角方向では輪荷重の走行により載荷輪直下のみ増厚界面付近でのひび割れが発生している。

以上より、全ての供試体で2方向ひび割れが発生し、押し抜きせん断破壊となった。また、補強した供試体において直接 SFRC で増厚補強した場合、輪荷重の繰り返し走行により発生するずれの影響によって増厚界面での広範囲にわたってはく離が生じる結果となった。一方、接着剤を塗布した供試体は載荷輪直下で押し抜きせん断破壊に伴うはく離は確認されるものの接着剤の効果により終局時まで一体性が保持でき、はく離の発生を抑制する結果となった。

表ー7 建研式引張試験における引張付着強度

供試体	計測点	最大荷重 (kN)	直径 (mm)	引張付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )
RC38-SF.G	No.1	20.0	99.00	2.60
	No.2	15.6	99.00	2.03
RC38-SF.EG	No.1	22.5	99.00	2.92
	No.2	8.5	99.00	1.10
RC38-SF.G.A	No.1	23.9	99.00	3.10
	No.2	25.0	99.00	3.25
RC38-SF.EG.A	No.1	22.6	99.00	2.94
	No.2	18.7	99.00	2.43

### 4.3 界面の付着性

#### (1) 建研式引張試験

SFRC 上面増厚補強した RC 床版では輪荷重の繰り返し走行により既設床版と SFRC との増厚界面ではく離が発生しやすいことから界面に接着剤を塗布している。本実験では疲労実験終了後の供試体を用いて建研式引張試験を行い、接着剤による増厚界面の付着性について検証する。なお、建研式引張試験を実施する供試体は供試体 RC38-SF.G, RC38-SF.EG, RC38-SF.G.A, RC38-SF.EG.A とする。建研式引張試験の検証位置を図ー2に併記する。

実験方法は SFRC 上面にコアドリルを設置し、φ100mm で切り込みを入れる。次に、コアの上面に接着剤を塗布し、鋼製治具を圧着させ養生を行う。接着剤が硬化したのちに建研式引張試験機を用いて載荷速度 1.0N/mm<sup>2</sup>/sec で引張試験を行う。建研式引張試験における引張付着強度の算出は式(2)を用いる。

$$f_t = P / A \quad (2)$$

ここに、 $f_t$ ：引張付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $P$ ：最大荷重 (N)、 $A$ ：コアの断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### (2) 実験結果

本実験における最大荷重および引張付着強度を表ー7に示すように直接 SFRC 上面増厚補強した供試体の引張付着強度の基準<sup>8)</sup>1.0N/mm<sup>2</sup>を上回っている。しかし、載荷輪付近の位置では輪荷重の繰り返し走行によって界面の引張付着強度が低下している。一方、増厚界面に接着剤を塗布して格子筋および展張筋を配置し SFRC 上面増厚補強した供試体 RC38-SF.G.A および RC38-SF.EG.A の引張付着強度は基準である 1.0N/mm<sup>2</sup>以上を確保している。また、載荷輪付近においても強度は低下するものの十分な付着性を有している。

### 5. まとめ

(1) 増厚層内に鋼板格子筋を配置した SFRC 上面増厚補強した供試体は、RC 床版供試体と比較して 57.10 倍、54.71 倍の等価走行回数を得られている。また、ワイ

ヤーメッシュを用いた供試体と同等の等価走行回数が得られていることから鋼板格子筋は RC 床版の補強材として有用性がある。さらに、接着剤と鋼板格子筋を併用することで接着剤の効果により付着強度が向上し、等価走行回数が大幅に向上することから耐疲労性が大幅に向上した。

- (2) 破壊状況より、全ての供試体で 2 方向ひび割れが発生し、輪荷重の走行によって押抜きせん断破壊に至っている。供試体の切断面では、直接 SFRC を打込んだ供試体は既設床版と SFRC との界面付近で広範囲にひび割れやはく離が発生している。一方、接着剤と鋼板格子筋を併用した供試体は載荷輪直下で押抜きせん断破壊に伴うはく離が発生しているものはく離範囲が抑制されている。
- (3) 建研式引張試験より、接着剤を塗布することで界面の引張付着強度は基準 1.0N/mm<sup>2</sup>を確保し、終局時においても付着性は低下しない結果となった。

### 参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 27 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016, 2016.10
- 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, Vol.56A, pp.1270-1281, 2010.3
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, 2002
- 4) 阿部忠, 師橋憲貴, 塩田啓介, 吉岡泰邦：2 タイプの鋼板格子筋を用いた RC はりの PCM 増厚補強における補強効果の検証, セメントコンクリート論文集, Vol.69, pp.634-641, 2016.3
- 5) 及川裕介, 阿部忠, 塩田啓介, 吉岡泰邦：展張格子鋼板筋を用いた RC 床版の下面増厚補強法における補強効果および耐疲労性, セメントコンクリート論文集, Vol.69, pp.618-625, 2016.3
- 6) 阿部忠, 野口博之, 塩田啓介, 吉岡泰邦：展張格子板を用いた RC 床版の上面増厚補強法における耐疲労性の評価, セメントコンクリート論文集, Vol.70, pp.541-548, 2017.3
- 7) 阿部忠, 新田裕之, 塩田啓介, 吉岡泰邦：展張格子筋を用いたボックスカルバートの補強技術および補強効果の検証, セメントコンクリート論文集, Vol.71, pp.540-547, 2018.3
- 8) (社)高速道路調査会：上面増厚工法設計施工マニュアル, 1995.11
- 9) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.10

(2018年7月20日受付)