

# 論文 低弾性PCM・PCCの性能および2種類の接着剤を塗布したRC床版の薄層補修における耐疲労性の検証

阿部 忠\*<sup>1</sup>・伊藤 清志\*<sup>2</sup>・中島 博敬\*<sup>2</sup>・小塚 規行\*<sup>3</sup>

**要旨：**本研究は道路橋 RC 床版の上面損傷に対する薄層補修材および補修法の提案を行うものである。従来の補修法に対する改善として、割れを抑制するために繊維を混入した低弾性 PCM と小粒径骨材を混入した低弾性 PCC を開発し、はく離を抑制するために 2 種類の接着剤を用いた補修法を提案し、湿潤状態の条件で輪荷重走行疲労実験を行い、破壊メカニズムおよび耐疲労性の検証を行った。その結果、従来の補修材を用いた補修法と比較して、上面損傷は見られるものの補修界面でははく離することがなく、耐疲労性の向上が図られた。また、小粒径骨材を混入した低弾性 PCC を用いた供試体は、さらに寿命の向上が図られた。

**キーワード：**RC 床版, 低弾性 PCM・PCC, 薄層補修, 耐疲労性

## 1. はじめに

RC 床版の上面損傷に用いる補修材には超速硬セメントを用いたセメント系モルタルが一般的に用いられている。しかし、これら材料は 20mm から 40mm 程度の薄層補修では輪荷重の走行により早期に「割れ」の発生や、既設 RC 床版と補修材との界面における付着力の低下による「はく離」が早期に生じている。そこで、筆者らは早期に発生する「割れ」を抑制する材料として RC 床版コンクリートの弾性係数と同等にした低弾性のセメントモルタルに有機繊維を混入した材料を提案<sup>1)</sup>し、高速道路や交通量の多い道路橋における 8 時間規制の施工に用いる材料として実用化されている<sup>2)</sup>。しかし、この補修材は道路橋示方書・同解説(以下、道示とする)<sup>3)</sup>に規定するコンクリートの設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> 以上を 3 時間で満足する超速硬性を有し、施工には熟練工・技術者の確保が必要となる。一方、地方公共団体が管理する道路橋床版の上面補修では施工が容易な取り扱いやすい補修材が求められている。これらのことから、36 時間の連続交通規制における施工を対象とした要求性能を満足する低弾性ポリマーセメントモルタル(以下、低弾性 PCM とする)および骨材最大寸法 9mm の天然の小粒径骨材(以下、ピリ材とする)を低弾性 PCM に混入した低弾性ポリマーセメントコンクリート(以下、低弾性 PCC とする)を開発し、はく離の抑制を目的とした 2 種類の接着剤と併用した接着剤塗布型薄層補修法について検証を行い、実用性を評価する。

本研究は、地方公共団体が管理する道路橋 RC 床版における補修を考慮して、36 時間の交通規制内で実施される補修に用いる低弾性 PCM および PCC の強度発現性を明らかにし、筆者らが提案する接着剤塗布型の補修法

による薄層補修の耐疲労性を輪荷重走行疲労試験により検証を行い、実用性を評価し、地公共団体が管理する道路橋 RC 床版の上面薄層補修法の一助としたい。

## 2. 薄層補修材および接着剤に求められる性能

### 2.1 補修材の要求性能および配合条件

#### (1) 高弾性 CM

従来の RC 床版の上面補修では、早期の交通開放を図るため、補修材には超速硬性無収縮モルタル(以下、高弾性 CM とする)が使用されている。本研究における比較対象とする高弾性 CM の配合条件を表-1に示す。

#### (2) 低弾性PCMおよびPCC

筆者らの既往の研究<sup>4)</sup>における補修材は 24 時間施工に用いる材料として水結合比を 53%とした材料を提案した。この材料は 1 日(連続 24 時間交通規制)施工を対象とし、超速硬セメントに繊維を混入した超速硬繊維補強セメントモルタルであり、可使時間は 56 分、コンクリートの圧縮強度 24N/mm<sup>2</sup> 以上には材齢 12 時間で強度発現する。そこで、本提案する低弾性 PCM および PCC においては、1.5 日(連続 36 時間交通規制)施工に用いられる補修材を提案する。よって、要求性能は材齢 24 時間で道示<sup>3)</sup>に規定するコンクリートの設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> 以上を確保できることとし、早強セメントに早強成分と収縮低減成分を配合した特殊セメントに有機系繊維の中でも引張強度が高く、高靱性が期待できる高強度ビニロン繊維(繊維長 12mm)を混入した専用のプレミックス材とする。なお、材料特性としては弾性係数を既設 RC 床版と同等とすることから低弾性と定義する。また、実橋 RC 床版の上面損傷は RC 床版上面のかぶりコンクリート内(20mm ~ 30mm 程度)が多いこと

\*1 日本大学 生産工学部土木工学科 博士(工学) (正会員)

\*2 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 (学生会員)

\*3 住友大阪セメント(株) 建材事業部 (正会員)

表-1 補修材の配合条件

項目	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			水結合比 (%)	
	プレミックス粉体 結合剤		繊維		水
高弾性CM	938	912	—	338	36
低弾性PCM	750	1125	Premix	300	40
低弾性PCC	558	1759	Premix	223	40

表-2 補修材の発現強度および静弾性係数

試験項目	高弾性CM	低弾性PCM	低弾性PCC	
凝結時間	始発	17min	138min	156min
	終結	25min	168min	173min
圧縮強度	2時間	25.1N/mm <sup>2</sup>	始発前	始発前
	3時間	45.2N/mm <sup>2</sup>	—	—
	4時間	52.3N/mm <sup>2</sup>	—	—
	1日	—	27.4N/mm <sup>2</sup>	27.5N/mm <sup>2</sup>
	7日	—	48.4N/mm <sup>2</sup>	51.3N/mm <sup>2</sup>
	28日	62.3N/mm <sup>2</sup>	59.9N/mm <sup>2</sup>	56.7N/mm <sup>2</sup>
静弾性係数	28日	43.7kN/mm <sup>2</sup>	26.0kN/mm <sup>2</sup>	27.6kN/mm <sup>2</sup>
せん断強度	28日	8.82kN/mm <sup>2</sup>	8.51kN/mm <sup>2</sup>	8.79kN/mm <sup>2</sup>
引張強度	28日	4.23kN/mm <sup>2</sup>	4.28kN/mm <sup>2</sup>	4.37kN/mm <sup>2</sup>

から、低弾性 PCC に用いる骨材の最大寸法は 15mm 以下が適していることから骨材最大寸法 9mm 程度のピリ材を適用する。ここで、配合条件を表-1に併記する。

## 2.2 補修材の性能

本研究で使用した補修材の室内実験 (20 °C) における発現強度および静弾性係数を表-2に示す。

### (1) 高弾性CM

一般的に使用されている高弾性 CM の凝結時間は開始が 17 分で、終結が 25 分となり、可使時間が 30 分以下であることから、施工性はやや熟練した技術・施工体制が必要となる。また、圧縮強度は、材齢 3 時間が 45.2N/mm<sup>2</sup> であり、要求性能である 24N/mm<sup>2</sup> を確保している。次に、静弾性係数は、材齢 28 日で 43.7kN/mm<sup>2</sup> であることから、道示<sup>3)</sup>に示すコンクリートの設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> の弾性係数が 25.0kN/mm<sup>2</sup> であることから、既設 RC 床版コンクリートに比して 1.75 倍である。

### (2) 低弾性PCM

施工時間 1.5 日、すなわち 36 時間施工に用いる低弾性 PCM の凝結時間は開始 138 分、終結が 168 分であり、高弾性 CM に比して可使時間が長く、表面仕上げに要する作業時間が確保でき、施工性に優れた材料である。また、要求性能である圧縮強度 24N/mm<sup>2</sup> を材齢 24 時間で確保(実測値 27.4N/mm<sup>2</sup>)し、材齢 28 日では 59.9N/mm<sup>2</sup> である。一方、静弾性係数は 26.0kN/mm<sup>2</sup> であり、超速硬セメントを用いた補修材に比して 59%となり、既設 RC 床版コンクリート材と同程度となる。

### (3) 低弾性PCC

低弾性 PCC の要求性能は低弾性 PCM と同様である。この材料は、低弾性 PCC にピリ材を混入した早強性繊維補強ポリマーセメントコンクリートであり、凝結時間は開始が 156 分、終結が 173 分となり、低弾性 PCM と

表-3 接着剤の材料試験結果

項目	浸透性接着剤	付着用接着剤
外観	主剤	無色液状
	硬化剤	無色液状
混合比(主・硬)	10 : 3	5 : 1
硬化物比重	1.2	1.42
圧縮強度	104.4N/mm <sup>2</sup>	102.9N/mm <sup>2</sup>
圧縮弾性係数	3,172N/mm <sup>2</sup>	3,976N/mm <sup>2</sup>
曲げ強さ	92.8N/mm <sup>2</sup>	41.6N/mm <sup>2</sup>
引張せん断強さ	58.2N/mm <sup>2</sup>	14.9N/mm <sup>2</sup>
コンクリート 付着強さ	2.6N/mm <sup>2</sup>	3.7N/mm <sup>2</sup> 以上 または母材破壊

同様に施工性に優れた材料である。材齢 24 時間の圧縮強度は 27.5N/mm<sup>2</sup> であり、要求性能である道示<sup>3)</sup>に規定する設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> を満足し、材齢 28 日では 56.7N/mm<sup>2</sup> である。また、静弾性係数は 27.6kN/mm<sup>2</sup> であり、低弾性となる。

## 2.3 せん断強度および引張強度

一面せん断試験によるせん断強度および引張試験による強度を表-2に併記した。

### (1) 高弾性CM

高弾性 CM の一面せん断試験法によるせん断強度は 8.82N/mm<sup>2</sup> である。また、引張試験による強度は 4.23N/mm<sup>2</sup> である。

### (2) 低弾性PCM

低弾性 PCM の一面せん断試験によるせん断強度は 8.51N/mm<sup>2</sup> である。高弾性 PCM に比してせん断強度は僅かに下回るが、これは圧縮強度の差によるものと考えられる。また、引張試験による強度は 4.28N/mm<sup>2</sup> であり、高弾性 CM に比して僅かに上回っているが、これは配合された繊維の効果であると考えられる。

### (3) 低弾性PCC

低弾性 PCC のせん断強度および引張強度はそれぞれ 8.79N/mm<sup>2</sup>、4.37N/mm<sup>2</sup> であり、低弾性 PCM に比して上回っている。これはピリ材の配合によりコンクリート化した効果であると考えられる。

## 2.5 浸透性接着剤および付着用接着剤

### (1) 浸透性接着剤

RC 床版の上面補修法では、RC 床版の土砂化により脆弱した箇所をブレーカやチッパーなどで衝撃を与える削り作業が行われ、削り面には微細なクラックが発生している。浸透性接着剤は、微細なひび割れや脆弱部に高耐久型エポキシ樹脂接着剤を低粘度にした接着剤であり、これを塗布し、浸透させて界面を強固にする方法を提案し<sup>4)</sup>、実橋の補修工事にも採用されている。ここで、浸透性接着剤の性能試験の結果を表-3に示す。

### (2) 付着用接着剤

これまでの鋼繊維補強コンクリート (SFRC) による上面増厚補強や高弾性 CM を用いた床版上面の薄層補

表-4 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> )	鉄筋 (SD295A, D13)		
		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> )
RC床版	35	377	511	200

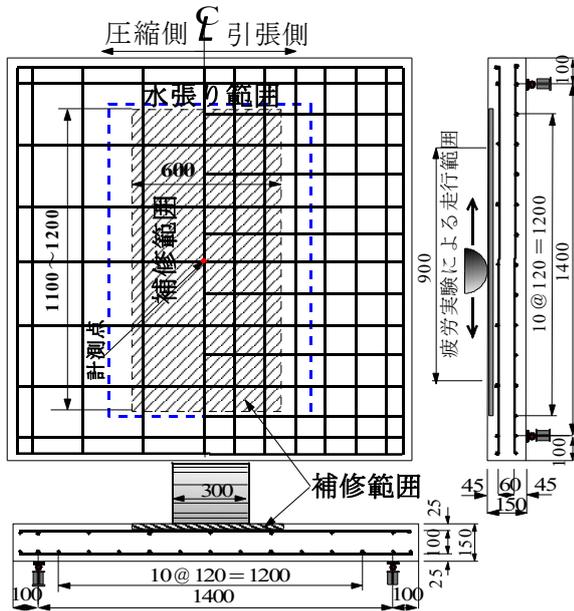


図-1 供試体寸法および補修範囲

修において、供用後の早期に増厚界面や補修界面にはく離を生じている。そこで、本補修法では補修材と床版コンクリートとの付着力と耐疲労性の向上を図るために、界面に付着用の高耐久型エポキシ樹脂接着剤（以下、付着用接着剤とする）を用いる。ここで、付着用接着剤の材料特性値を表-3に併記する。この接着時の引張試験における付着強度は3.7N/mm<sup>2</sup>である。

### 3. RC床版の使用材料および供試体寸法

#### 3.1 供試体材料

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、5mm～20mmの砕石を使用し、鉄筋はSD295A-D13を用いた。コンクリートの圧縮強度および鉄筋の材料特性値を表-4に示す。

#### 3.2 供試体寸法および鉄筋配置

##### (1) RC床版供試体

RC床版供試体は1994年改訂の道示に準拠し、その3/5モデルとする。供試体の寸法は全長1,600mm、支間1,400mm、床版厚150mm、鉄筋は複鉄筋配置とし、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。また、圧縮側には引張鉄筋量の1/2を配置した。ここで、RC床版供試体の寸法を図-1に示す。

##### (2) 補修床版供試体

補修供試体の寸法は、RC床版と同様であり、走行範囲が900mmであることから補修範囲は軸方向1,100～

1,200mm、軸直角方向600mm、深さ18mmとする。

### 4. 実験方法および補修方法

#### 4.1 RC床版の上面薄層補修方法

従来の高弾性CMを用いた補修法は、補修範囲をブレードで約18mmの深さで均一に削る。次に、補修材と床版の付着性を高めるために、削り面をショットブラストを用いて研掃する。その後、高弾性CMを研掃面に直接打ち込み、左官鏝で表面を仕上げる。

一方、低弾性PCMおよびPCCと2種類の接着剤を併用する補修法は、補修範囲をブレードで削り、研掃後に浸透性接着剤を削り面全体に塗布する。浸透性接着剤は8時間で硬化する材料である。浸透性接着剤塗布後5分から10分後に既設RC床版と補修材を一体化させる付着用接着剤を全面に重ねて塗布する。付着用接着剤は120分で硬化することから、塗布と同時に補修材を練混ぜ、打込む。

#### 4.2 輪荷重走行疲労実験方法

##### (1) RC床版

輪荷重走行疲労実験は、RC床版供試体上面に幅300mmの輪荷重を軸方向に900mmの範囲を繰り返し走行させ、荷重100kNで破壊するまで繰り返し走行する。各実験においてたわみは、1, 10, 100, 1,000, 5,000回および5,000回以降は5,000回走行ごとに計測する。

##### (2) 補修用RC床版

阿部ら<sup>5)</sup>は、RC床版のたわみが床版支間Lの1/400付近が補修・補強の時期として提案している。そこで、補修用RC床版は事前に輪荷重走行疲労を与え、床版中央のたわみが支間Lの1/400、すなわち3.5mmになるまで走行させ、ひび割れ損傷を与えた時点で実験を中断し、補修範囲を削り、本提案する補修法を施すものとする。

##### (3) 補修後の輪荷重走行疲労試験

実橋RC床版では、雨水の浸透が損傷の進行を促進させることが明らかにされている<sup>6,7)</sup>。よって、本実験では補修範囲を囲む幅800mm、長さ1,100～1,200mmを12時間の水張り後、常時湿潤状態で輪荷重走行を行い、走行不能と判断された時点で実験を終了する。本実験は1次補修後、輪荷重が走行不能になった場合に実験を終了し、2次補修を施し、再劣化により走行不能となった場合に実験を終了する。耐疲労性の評価は2次補修までの等価走行回数から評価する。

#### 4.3 走行疲労実験における等価走行回数

本実験では設計荷重を基準に一定荷重載荷による疲労実験を行い、等価走行回数の算出は式(1)を用いる。

基準荷重は、本供試体は道示に規定に基づき3/5モデルとしたことから、B活荷重100kNの3/5に安全率1.2を考慮して72kNとする。また、S-N曲線の傾きの逆数m

表-5 等価走行回数

供試体	RC床版	1次補修 (湿潤状態)		2次補修 (湿潤状態)		補修合計		2次補修までの合計	
		等価走行回数	補修効果	等価走行回数	補修効果	等価走行回数	補修効果	等価走行回数	補修効果
RC-1	12,336,901	—	—	—	—	—	—	12,336,901	—
RC.U-CM	7,865,598	1,685,974	—	1,621,127	—	3,307,101	—	11,172,699	—
RC.H-PCM	7,208,729	2,846,702	1.69	2,368,793	1.46	5,215,495	1.58	12,424,224	1.11
RC.H-PCC	7,208,729	3,404,370	2.02	3,255,226	2.01	6,659,596	2.01	13,868,325	1.24

の絶対値には松井らが提案する 12.7 を適用する<sup>6)</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(= 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

### 5.1 等価走行回数

未損傷 RC 床版供試体を RC-1、従来の高弾性 CM を用いた供試体を RC.U-CM とする。次に 36 時間施工に用いる低弾性 PCM および低弾性 PCC で補修した供試体をそれぞれ RC.H-PCM、RC.H-PCC とする。ここで、輪荷重走行疲労実験における等価走行回数を表-5に示す。

#### (1) RC床版供試体RC-1

乾燥状態すなわち防水工が施された RC 床版を考慮した供試体 RC-1 の破壊に至るまでの等価走行回数は  $12.336 \times 10^6$  回であり、この等価走行回数を基準に湿潤状態で実験を行った補修床版の 2 次補修までの等価走行回数と比較して考察を行う。

#### (2) 高弾性CMを用いた供試体RC. U-CM

供試体 RC.U-CM のたわみが床版支間 L の 1/400、すなわち 3.5mm に達した時点の等価走行回数は  $7.865 \times 10^6$  回である。1 次補修後の等価走行回数は  $1.685 \times 10^6$  回、2 次補修後の等価走行回数は  $1.621 \times 10^6$  回である。1 次補修と 2 次補修の補修合計は  $3.307 \times 10^6$  回、2 次補修までの合計等価走行回数は  $11.172 \times 10^6$  回である。2 次補修までの合計等価走行回数は乾燥状態で試験を行った供試体 RC-1 の 90%である。なお、低弾性 PCM および PCC を用いた補修法の補修効果および耐疲労性を検証は高弾性 PCM の等価走行回数を基準とする。

#### (3) 低弾性PCMを用いた供試体RC. H-PCM

供試体 RC.H-PCM の補修前の載荷(たわみ 3.5mm)は等価走行回数  $7.208 \times 10^6$  回となり、供試体 RC.U-CM の  $7.865 \times 10^6$  回とほぼ近い状態の等価走行回数である。1 次補修後の等価走行回数は  $2.846 \times 10^6$  回、2 次補修後の等価走行回数は  $2.368 \times 10^6$  回となり、1 次補修と 2 次補修の補修合計は  $5.215 \times 10^6$  回である。これは、高弾性 PCM で補修した供試体 RC.U-CM に比して 1 次補修が 1.69

倍、2 次補修が 1.46 倍、補修合計では 1.58 倍である。2 次補修までの合計等価走行回数は 1.11 倍である。また、供試体 RC-1 と RC.H-PCM の 2 次補修までの合計等価走行回数はほぼ同等な結果となった。

#### (4) 低弾性PCCを用いた供試体RC. H-PCC

供試体 RC.H-PCC の補修前の等価走行回数は、供試体 RC.H-PCM と同様に等価走行回数  $7.208 \times 10^6$  回で走行を停止させた。1 次補修は  $3.404 \times 10^6$  回、2 次補修後は  $3.255 \times 10^6$  回、1 次補修と 2 次補修の補修合計は  $6.659 \times 10^6$  回である。これは供試体 RC.U-CM に比して、1 次補修は 2.02 倍、2 次補修が 2.01 倍となり、補修合計では 2.01 倍である。2 次補修までの合計等価走行回数は 1.24 倍の補修効果が得られた。また、未損傷の供試体 RC-1(乾燥状態で実施)の 1.12 倍、低弾性 PCM を用いた供試体 RC.H-PCM の 1.28 倍となり、ビリ材を混入することで耐疲労性が向上する結果が得られた。

以上より、輪荷重走行による等価走行回数においては、本提案する低弾性 PCM および PCC は従来の高弾性 PCM に比して補修効果は大きく、さらに、ビリ材の混入により補修効果は向上している。

### 5.2 たわみと等価走行回数の関係および損傷状況

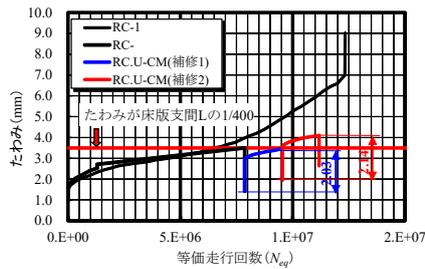
たわみと等価走行回数の関係および上面の損傷状況を図-2に示す。図-2(1)に示す凡例は、RC-1 は RC 床版供試体 RC-1、RC-はたわみが床版支間 L の 1/400 に達するまでのたわみと等価走行回数の関係、RC-U-PCM(補修 1)は 1 次補修のたわみと等価走行回数の関係(青線)、RC-U-PCM(補修 2)は 2 次補修のたわみと等価走行回数の関係(赤線)を示した。また、走行可能な損傷を「損傷小」、走行不能となる損傷箇所を「損傷大」とする。

#### (1) 供試体RC-1

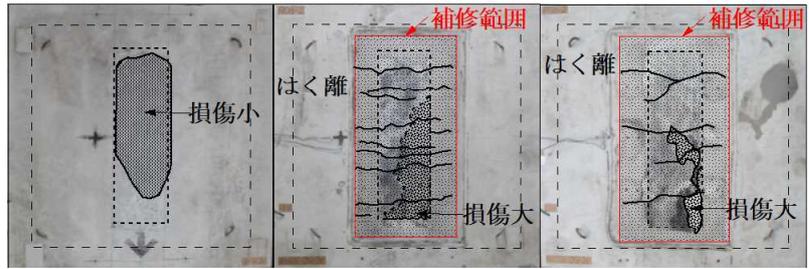
供試体 RC-1 のたわみと等価走行回数の関係は図-2(1)に示すように、1 走行後の初期たわみは 0.98mm である。たわみは、その後の繰り返し走行により徐々に増加し、床版支間 L の 1/400 (3.5mm) に達した時点の等価走行回数  $6.484 \times 10^6$  回から増加がやや大きくなり、さらに等価走行回数  $11.996 \times 10^6$  回付近から著しく増加し、破壊時のたわみは 9.02mm である。

#### (2) 高弾性CMを用いた供試体RC. U-CM

供試体 RC.U-CM のたわみと等価走行回数の関係は、図-2(1)に示すようにたわみが床版支間 L の 1/400 とな

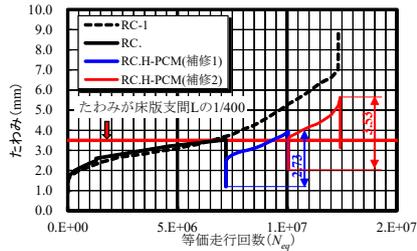


(1) たわみと等価走行回数

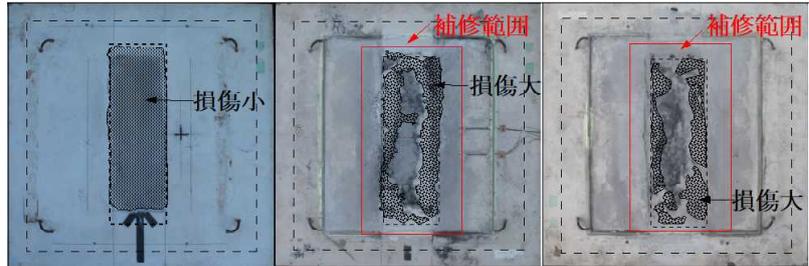


(2) たわみが床版支間L (3) 1次補修後の損傷 (4) 2次補修後の損傷の1/400時の損傷

図-2 たわみと等価走行回数および床版上面の損傷状況 (供試体RC-U-CM)

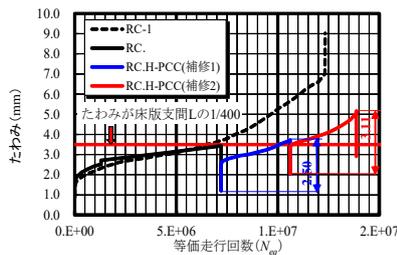


(1) たわみと等価走行回数

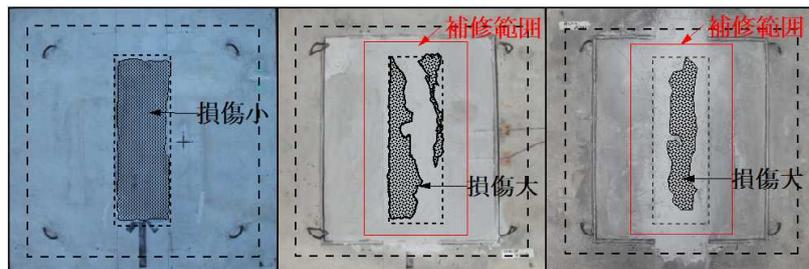


(2) たわみが床版支間L (3) 1次補修後の損傷 (4) 2次補修後の損傷の1/400時の損傷

図-3 たわみと等価走行回数および床版上面の損傷状況 (供試体RC-H-PCM)



(1) たわみと等価走行回数



(2) たわみが床版支間L (3) 1次補修後の損傷 (4) 2次補修後の損傷の1/400時の損傷

図-4 たわみと等価走行回数および床版上面の損傷状況 (供試体RC-H-PCC)

る 3.5mm に達した時点の等価走行回数は  $7.865 \times 10^6$  回、残留たわみが 1.42mm である。この時点では図-2(2)に示すように軽微な損傷である。1 次補修後のたわみは残留値を初期値とし、1 次補修までの等価走行回数の累積は  $9.551 \times 10^6$  回である。補修後に水張りによる走行実験後のたわみは 2.03mm であり、図-2(3)に示すように界面にはく離や走行面に割れにより走行不能となり、実験を中断した。ここまでの累積たわみは 3.53mm、残留たわみは 1.96mm である。次に、2 次補修後の等価走行回数の累積は  $11.172 \times 10^6$  回、たわみは 2.14mm で走行不能となった。この時点の累積たわみは 4.11mm、残留たわみが 2.64mm である。2 次補修後は図-2(4)に示すように上面は、走行面の凹凸や割れに伴うひび割れが発生し、さらにはく離が生じている。

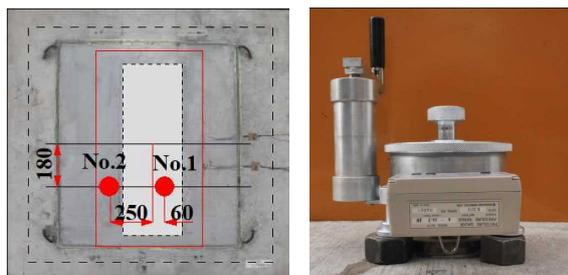
(3) 低弾性PCMを用いた供試体RC-H-PCM

供試体 RC-H-PCM のたわみと等価走行回数の関係は

図-3(1)に示すように、たわみが 3.5mm に達した時点の等価走行回数は  $7.208 \times 10^6$  回、残留たわみは 1.21mm である。損傷状況は図-3(2)に示すように軽微である。1 次補修後の等価走行回数の累積は  $10.055 \times 10^6$  回、たわみの累積は 3.94mm、残留たわみは 2.10mm である。1 次補修後のたわみは 2.73mm まで走行可能となり、供試体 RC-U-CM に比して、等価走行回数は増大している。図-3(3)に示すように、走行面の凹凸が著しくなり、実験を中断した。次に、2 次補修後の等価走行回数の累積は  $12.424 \times 10^6$  回、たわみの累積は 5.63mm である。2 次補修後のたわみが 3.53mm で走行不能となり、残留たわみは 3.13mm である。2 次補修後の損傷状況は、図-3(4)に示すように 1 次補修後の損傷状況と同様に凹凸が著しいものの、割れに伴うひび割れやはく離は見られない。

(4) 低弾性PCCを用いた供試体RC-H-PCC

供試体 RC-H-PCC は図-4(1)に示すように、たわみ



(1) 試験位置 (2) 建研試験機

図-5 建研式引張試験方法

が 3.5mm に達した時点は等価走行回数  $7.208 \times 10^6$  回、たわみが 3.43mm、残留たわみは 1.22mm である。この時点の損傷状況は図-4(2)に示すように軽微である。1 次補修後の等価走行回数の累積は  $10.613 \times 10^6$  回、たわみの累積は 3.72mm、残留たわみは 2.05mm である。1 次補修後のたわみ 2.50mm で路面の凹凸が著しくなり(図-4(3))、実験を中断し、2 次補修を施した。次に、2 次補修後の等価走行回数の累積は  $13.863 \times 10^6$  回、たわみの累積が 5.16mm である。2 次補修後のたわみ 3.11mm で走行不能となり、残留たわみは 2.92mm である。2 次補修後の損傷状況は図-4(4)に示すよう走行面に凹凸が見られるものの、ひび割れ、はく離は見られない。

#### 5.4 建研式引張試験による界面の付着性能

##### (1) 建研式引張試験

付着性能を確認するために、輪荷重走行後に建研式引張試験により引張付着強度を計測する。ここで、建研式引張試験および試験位置を図-5に示す。試験位置は図-5(1)に示すように最もはく離が予想される走行面と走行面から外れた箇所との2カ所とする。

##### (2) 引張付着強度および破壊状況

建研式引張試験により得られた界面の引張付着強度および2次補修における等価走行回数を表-6に示す。

供試体 RC-U-PCM は、No.1, 2 ともにコア削孔中に界面ではく離し、引張付着強度は  $0.0\text{N/mm}^2$  である。一方、供試体 RC.H-PCM は No.1 が  $1.01\text{N/mm}^2$ 、No.2 が  $1.90\text{N/mm}^2$ 、供試体 RC.H-PCC は No.1 が  $2.61\text{N/mm}^2$ 、No.2 は  $2.77\text{N/mm}^2$  となり、両供試体ともに計測点 No.2 に対して走行面 No.1 の引張付着強度が低下している。いずれも接着剤の効果によりはく離は見られない。

#### 6. まとめ

- (1) 本提案する早強セメントを用いた低弾性 PCM および小粒径骨材のピリ材を混入した低弾性 PCC は、材齢 24 時間で道示に規定されているコンクリートの設計基準縮強  $24.0\text{N/mm}^2$  を満足することから、36 時間の交通規制における補修工事に適用できる。
- (2) 輪荷重走行疲労試験による等価走行回数においては、

表-6 建研式引張試験方法による付着強度

供試体	試験位置	直径 (mm)	断面積A (mm <sup>2</sup> )	接着荷重 P (kN)	付着強度 P/A (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置
RC-U-CM	No.1	99.00	7698	0.0	0.00	界面
	No.2			0.0	0.00	界面
RC.H-PCM	No.1			7.8	1.01	界面
	No.2			14.6	1.90	補修層
RC.H-PCC	No.1			20.1	2.61	補修層
	No.2			21.3	2.77	補修層

- (3) 高弾性 CM を用いた供試体の等価走行回数に対して低弾性 PCM および低弾性 PCC 材を用いて 2 種類の接着剤を用いて補修した供試体の等価走行回数は、それぞれ 1.58 倍、2.01 倍の補修効果が得られた。
- (4) たわみと等価走行回数においても、高弾性 CM による 1 次補修後は 2.03mm、2 次補修後は 2.14mm で、割れよるひび割れとはく離が生じているが、一方、低弾性 PCM は 1 次補修後 2.73mm、2 次補修後 2.55mm、低弾性 PCC は 1 次補修後 2.50mm、2 次補修後 3.53mm となり、たわみの増加が抑制されている。
- (5) RC 床版供試体の上面損傷補修時に発生する微細なひび割れに浸透性接着剤、はく離対策には付着用接着剤を用いた。その結果、1 次補修および 2 次補修後の走行試験において割れに伴うひび割れや界面のはく離は見られず、付着用接着剤の効果が確認された。

#### 参考文献

- 1) 阿部忠・伊藤清志・大野晃・山下雄史：RC 床版上面損傷に用いる補修材の提案およびサイクル補修における耐疲労性の評価、構造工学論文集, Vol. 60A, pp.1122-1133, 2014.3
- 2) ネクスコ東日本：繰り返すポットホールの原因となる RC 床版の小規模損傷（維持作業で高耐久断面修復が可能な床版 EQM 工法）、佐久管理事務所現場レポート, E18, 2017
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 2002
- 4) 阿部忠, 伊藤清志, 大野晃, 山下雄史：RC 床版の上面損傷に用いる補修材の提案および補修サイクルにおける耐疲労性の評価、構造工学論文集, Vol.60A, pp.1122-1133, 2014.3
- 5) 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
- 6) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.10
- 7) 阿部忠, 鈴木寛久, 貴志豊, 野本克己：RC 床版の SFRC 上面増厚補強法における接着剤が耐疲労性に及ぼす影響、構造工学論文集, Vol. 59A, pp.1084-1091, 2013.3