

CFRP格子筋を配置したRC床版下面増厚補強法におけるS-N曲線式との整合性の検証

日本大学大学院 学生会員 ○永井幸太 日本大学 正会員 阿部 忠  
日本大学大学院 学生会員 小森篤也

1. はじめに

本研究では、RC床版下面にCFRP格子筋を配置し、ポリマーセメントモルタル(PCM)吹付けによる下面増厚補強したRC床版の耐荷力性能および耐疲労性の検証を行う。また、予防保全型維持管理計画においては補強後の寿命予測および健全度評価が課題となっていることからCFRP格子筋を用いた下面増厚補強におけるS-N曲線式についても検証した。本実験供試体には、基準となるRC床版供試体、同一寸法を有するRC床版下面に従来の鉄筋に代わり、鉄筋と同等の性能を有するワイヤーメッシュおよび新材料であるCFRP格子筋を配置したそれぞれの下面増厚補強供試体とする。さらには既存床版と下面増厚部との一体性を確保するために増厚界面に接着剤を塗布しそれぞれの引張補強材を配置し下面増厚補強した供試体を製作し、輪荷重走行試験および輪荷重走行疲労実験により、耐荷力性能および耐疲労性の検証を行った。

2. 使用材料および供試体寸法

2.2 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の砕石を使用した。鉄筋にはSD295A、D10を用いた。コンクリート圧縮強度は35N/mm<sup>2</sup>、鉄筋の降伏強度は368N/mm<sup>2</sup>、引張強度は516N/mm<sup>2</sup>である。下面増厚補強供試体に使用するRC床版も同様の材料で製作する。

(2) 下面増厚補強床版 従来の下面増厚補強法の引張補強材にはφ3.2mm、網目寸法50mm×50mmのワイヤーメッシュを用いる。そして、CFRP格子筋は、ワイヤーメッシュと同等な網目寸法50mm×50mm、厚さ4.2mmを用いた。ワイヤーメッシュおよびCFRP格子筋の引張剛性は、それぞれ32.15kN・m、36.30kN・mである。

次に、下面増厚補強には繊維が配合されているPCMを用い、PCMの配合を表-1に示す。PCMの圧縮強度は、材齢28日で44.3N/mm<sup>2</sup>である。また、既設RC床版コンクリートとPCMの付着性を高めるために、増厚界面にプライマーまたはエポキシ樹脂接着剤(以下、接着剤と称する)を塗布する。プライマーおよび接着剤の材料特性値を表-2に示す。

2.3 供試体寸法および鉄筋の配置

(1) RC床版供試体 RC床版供試体の寸法は、全長1,470mm、支間1,200mm、床版厚130mmとした。鉄筋キーワード: RC床版, 補修・補強, 下面増厚補強法, CFRP格子筋, S-N曲線

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2459

表-1 PCM材料特性値

項目	単位量(kg/m <sup>3</sup> )		水結合比(%)
	プレミックス粉体	水	
PCM	1860	595	32

表-2 プライマーおよび接着剤の性能

材料	試験体厚(mm)	接着荷重(N)	接着応力(N/mm <sup>2</sup> )	変位量(mm)
プライマー	75.0	5,119	2.61	0.64
接着剤	75.0	4,671	2.38	0.47

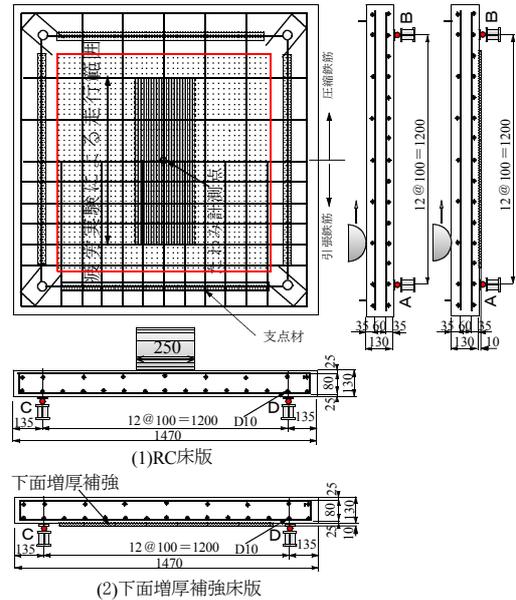


図-1 RC床版および下面増厚補強床版供試体

は複鉄筋配置とし、引張主鉄筋にD10を100mm間隔で配置し、有効高を105mm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、走行荷重実験に用いる供試体をRC-R、輪荷重走行疲労実験に用いる供試体をRCとする。ここで、RC床版供試体の寸法および鉄筋配置を図-1(1)に示す。

(2) 下面増厚補強床版供試体 下面増厚補強床版供試体の寸法および鉄筋配置は、RC床版供試体と同等なものとし、下面損傷を考慮して1,100×1,100×15mmの範囲を箱抜きした未損傷床版に対しPCMを25mm吹付け10mm増厚したことにより140mmとする。ここで、下面増厚供試体の寸法および鉄筋配置を図-1(2)に示す。

2.4 補強方法

補強法は、「FRPグリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修・補強設計・施工マニュアル(案)」<sup>1)</sup>に準拠して製作を行った。

下面増厚補強法は、補強範囲をディスクサンダーにより研掃を行い、引張補強材を固定するアンカー穴を穿孔し、プライマーまたは接着剤を塗布後、引張剤をアンカーで固定する。その後、PCMを15mm吹付けし、2時間養生を行い、残りの10mmを吹付けし表面仕上げをし養生を行った。

3. 実験方法

(1) 走行荷重実験 CFRP格子筋を用いた下面増厚補強床版の耐荷力は、輪荷重を一走行ごとに10kNずつ増加させ、一往復維持した最大耐荷力を本実験における押抜きせん断耐荷力  $P_{sx}$  とする。

(2) 輪荷重走行疲労実験 RC床版および下面増厚補強床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行う。実験荷重は80kNで20,000回走行し、20,000回走行ごとに荷重を増加する段階荷重載荷とする。たわみの計測は1, 10, 100, 1,000, 5,000回ごとに行い、以降は5,000回走行ごとに計測を行う。

次に、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  $N_{eq}$  を式(1)より算出する。

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

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)<sup>2)</sup>

4. 結果および考察

(1) 最大耐荷力 RC床版供試体の最大耐荷力は、それぞれ170.7kN、166.2kNであり、平均が168.4kNである。次に、増厚界面にプライマーを塗布しCFRP格子筋を配置した供試体RC-C-Rの最大耐荷力は185.3kN、増厚界面に接着剤を塗布し、CFRP格子筋を配置した供試体RC-C.A-Rの最大耐荷力は205.0kNである。

(2) 輪荷重走行疲労実験における等価走行回数 輪荷重走行疲労実験による実験走行回数および等価走行回数  $N_{eq}$ (式(1))の算定結果を表-3に示す。

RC床版供試体RC-1の等価走行回数は  $7.34 \times 10^6$  回、供試体RC-2は  $8.53 \times 10^6$  回であり、供試体RC-1, 2の平均等価走行回数  $N_{eq}$  は  $7.93 \times 10^6$  回である。次に、増厚界面にプライマーを塗布しワイヤーメッシュを配置した供試体RC-Wの等価走行回数は  $22.83 \times 10^6$  回であり、RC床版の2.9倍の等価走行回数を得られた。また、CFRP格子筋を配置した供試体RC-C1の等価走行回数は  $27.99 \times 10^6$  回であり、RC床版の3.5倍の補強効果が得られた。また、増厚界面に接着剤を塗布し、ワイヤーメッシュを配置した供試体RC-W.AおよびCFRP格子筋を配置した供試体RC-C.Aの等価走行回数はそれぞれ  $120.37 \times 10^6$  回、 $141.10 \times 10^6$  回であり、RC床版供試体の平均等価走行回数に対し15.2倍、17.8倍である。

表-3 実験走行回数および等価走行回数

供試体	等価走行回数 $N_{eq}$ (回)	平均等価走行回数 $N_{eq}$ (回)	耐荷力比	最大耐荷力 (kN)	基準荷重 (kN)	S値 (P/P <sub>sx</sub> )
RC-1	7,347,504	7,938,687	-	168.5	60.0	0.356
RC-2	8,529,870					
RC-W	22,832,607	22,832,607	2.9	184.8	60.0	0.325
RC-C	27,996,469	27,996,469	3.5	184.8	60.0	0.325
RC-W.A	120,373,177	120,373,177	15.2	205.0	60.0	0.293
RC-C.A	141,107,332	141,107,332	17.8	205.0	60.0	0.293

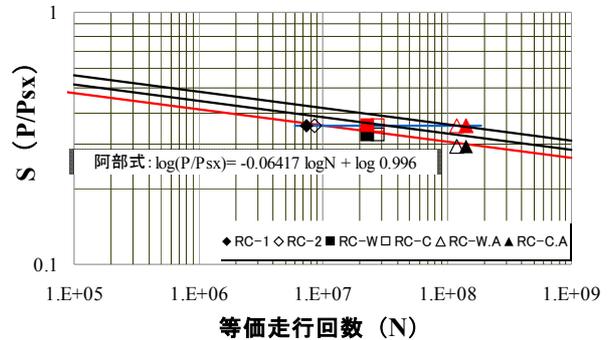


図-2 S-N曲線式との整合性

5. S-N曲線式との整合性

(1) RC床版のS-N曲線式 阿部ら<sup>3)</sup>は1994年改訂の道示に準拠したRC床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、S-N曲線式(2)を提案している。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.06417 \log N + \log 0.996 \quad (2)$$

ここで、 $P$ ：基準荷重、 $P_{sx}$ ：押抜きせん断耐荷力(kN)、 $N$ ：繰返し回数(回)

(2) 下面増厚補強法したRC床版のS-N曲線 CFRPを配置した下面増厚補強床版の  $S (= P/P_{sx})$  (表-3))と等価走行回数  $N_{eq}$  の関係、すなわちS-N曲線を図-2に示す。なお、図-2に走行荷重実験におけるRC床版の押抜きせん断耐荷力(168.4kN)を適用したS値と等価走行回数の関係も併記した。走行荷重実験におけるCFRP格子筋を用いた、それぞれの押抜きせん断耐荷力  $P_{sx}$  を適用することで、阿部らが提案するS-N曲線上にプロットされる結果となった。

6. まとめ

1994年改訂の道示以降(B活荷重)に準拠して製作されたRC床版供試体にプライマーまたは、接着剤を塗布し、ワイヤーメッシュおよびCFRP格子筋を配置してPCM吹付け工法による下面増厚補強法が施されたRC床版の寿命推定および健全度評価には、阿部らが提案するS-N曲線式の適用が可能であると考えられる。なお、下面増厚補強RC床版の理論押抜きせん断耐荷力に関しては、今後の課題としたい。

参考文献：

- FRPグリッド研究会：CFRPグリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修・補強設計・施工マニュアル(案)，2001.4.
- 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007.
- 阿部忠，木田哲量，高野真希子，川井豊：道路橋RC床版の押抜きせん断耐荷力および耐疲労性の評価，土木学会論文集A1，pp.39-54，2011.3.