

経編みタイプ炭素繊維シートのRC床版補強に対する適用効果に関する研究

大阪大学大学院 学生員 蔡 華堅 大阪大学大学院 工学部 松井繁之
前田工織株式会社 正会員 三村友男

1. はじめに

近年、劣化したRC床版の補強工法として、炭素繊維シート補強工法が一般化し多用されている。そして、補強効果を上げる場合には、シート貼付け枚数を多くすることが挙げられるが、補強効果には上限があると報告されている¹⁾。また、枚数増で施工期間が増加する。それに対して目付量を大きくしたシートを使用して、補強効率と施工効率を同時に上げることが考えられる。これまでも600g/m²目付量のシートによる補強効果の研究を行ってきた^{2,3)}。今回は、同じ600g/m²目付けのものであるが、接着剤として用いるエポキシ樹脂の含浸性を高め、補強効率を高めた図-1に示すような経編みタイプの炭素繊維シートに着目しその補強効果の検証実験を実施した。

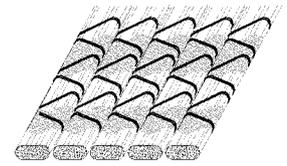


図-1 経編みタイプのCFシート模式図

2. 実験概要

本実験では同寸法の供試体2体、MK1, MK2を用意した。床版の寸法、配筋を図-2に示している。床版支間長は1.8mで、長辺方向には2辺単純支持し、短辺方向には横桁による弾性支持とした。さらに、単純支持する床版端には50mm高さのハンチを設け、CFシートをこのハンチ下端まで貼り付け定着を確実にした。使用したコンクリートの材料特性ならびにCFシートの材料特性を表-1, 2に示す。

供試体に作用させる輪荷重の大きさと走行回数は図-2に示すプログラムに従った。150kNの荷重は実交通中で計測される最大輪荷重である。180kN荷重はそれに20%の余裕を与えたものである。この180kN荷重で70万回の載荷に耐えられれば50年相当の過酷荷重に耐えられると評価できる。最後の210kNでは補強床版でも破壊すると考えられ、破壊モードが観察できることを期待した。

2体の内、MK1はシートの接着前に150kNの予備載荷3万回行い、ひび割れを導入し、劣化度0.4程度の損傷を与えた。その後、CFシートを接着した。MK2は予備載荷無しでCFシートを接着した。

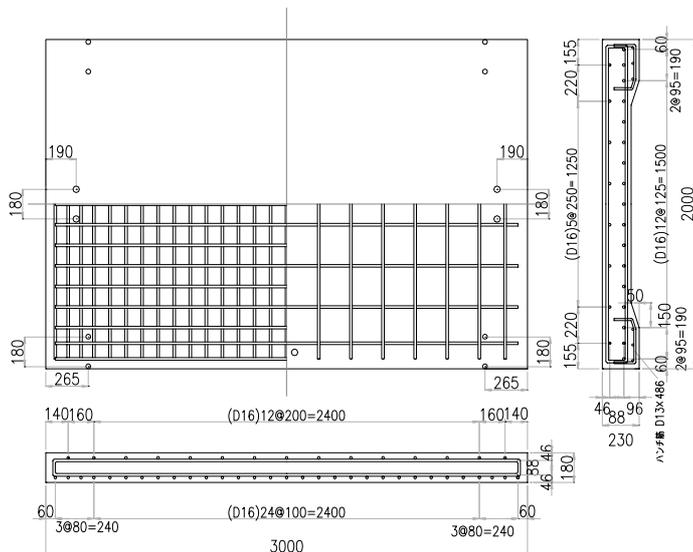


図-2 床版の寸法と配筋

表-1 コンクリートの材料特

供試体	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (x10 ⁴ N/mm ²)
MK1	29.3	2.30
MK2	30.7	2.55

表-2 炭素繊維シートの材料特性

目付量 (g/m ²)	設計厚 (mm)	ヤング係数 (x10 ⁵ N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
600	0.333	2.45	3400以上

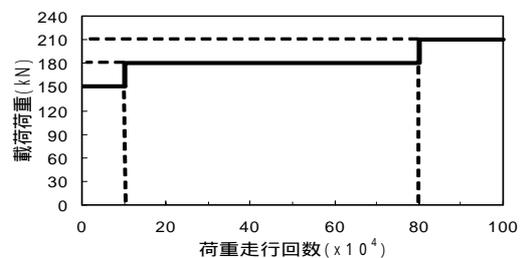


図-3 荷重載荷プログラム

キーワード：経編みタイプ炭素繊維シート、シート補強効果、輪荷重走行試験、600g/m²目付量

連絡先：〒565-0871 大阪大学大学院 土木工学専攻 大阪府吹田市山田丘2番1号

3. 実験結果と考察

図4に床版中央における活荷重たわみの経時変化を示す。両供試体とも180kN荷重下では非常に安定した状態を保ち、CFシートの補強効果が大きく現われている。また、両供試体間でたわみの差が小さく、予備荷重によるひび割れ発生は影響していないと判断できる。予定の80万回荷重の後、210kNに荷重を上げたが、予備荷重を行っていないMK2は急激にたわみが増加し、4千回後に破壊した。破壊形式は押抜きせん断破壊であった。80万回から連続観察を続けたが、CFシートが先に剥離することはなかった。予備ひび割れを導入したMK1は予想に反し、954,000回まで、すなわち210kNで154,000回の走行荷重に耐えた。95万回まで安定した状態であったが、その後急速にたわみが増加し、押抜きせん断破壊した。

図5に本供試体のS-N結果を示す。図中の直線は松井⁴⁾が求めた無補強RC床版のS-N曲線である。これは式(1)で表される。ここに、P: 載荷荷重、P_{sv}: 幅Bで取出した主鉄筋方向のはりとしてのせん断耐荷力で式(2)で表せる、B: b+2d_d (b: 載荷板の橋軸方向辺長、d_d: 引張側配力鉄筋の有効高さ)、τ_{smax}: コンクリートの最大せん断応力度(kgf/cm²) (τ_{smax}=0.252σ_{ck}-0.000246σ_{ck}²)、σ_{smax}: コンクリートの最大引張応力度(kgf/cm²) (σ_{smax}=0.583(σ_{ck})^{2/3})、X_m: 引張コンクリートを無視した場合の配力筋断面の中立軸深さ(cm)、C_m: 主鉄筋のかぶり厚さ(cm)、σ_{ck}: コンクリート圧縮強度(kgf/cm²)。

MK1、MK2のコンクリート強度と配筋を考慮して、無補強のままですら150kNで疲労実験したとすると、その破壊寿命が計算でき、直線上にプロットされた および の結果となる。

これに対して、CFシート補強した供試体について、実際の載荷荷重と載荷回数を150kNに統一した換算等価回数を式(3)で計算すると、図中の および の結果となる。これらの正確な回数を表-3に示す。

印と 印の結果を比率で計算すると、MK1は24.9倍、MK2は10.1倍となり、これらがCFシートによる補強効果となる。2方向の1枚ずつの接着であったが、このような倍率から、本シートの実用性は高いと判断できる。しかし、既往の研究では効率がさらに高いものもあった^{2,3)}。MK1の寿命伸率が小さい原因として母床版のコンクリート強度、弾性係数の違い、あるいは、シートの接着剤の強度の違いなどが考えられる。これらについて今後検討する必要がある。

4. まとめ

本研究で、目付量600g/m²の経編みタイプCFシートの床版補強効果について、寿命延長率で10~25倍を発揮することが判った。今後とも実験データを蓄積し、補強効率向上の算定方法を見出したい。

参考文献 1) 設省土木研究所、炭素繊維補修・補強工法技術研究会：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）1999。
 2) 岸本真輝、松井繁之：目付量大きいCFSで補強した床版の疲労耐久性の検討、平成13年度関西支部年次学術講演会講演概要I-23、2001.6。
 3) 星島時太郎、太田黒博文、坂井繁之：損傷した道路橋床版の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究、橋梁と基礎98-9、pp.23-28、1998.9。
 4) 松井繁之：橋梁の寿命予測 - 道路橋RC床版の疲労寿命予測 -、安全工学、Vol. 30, No.6, pp.432-440, 1991。

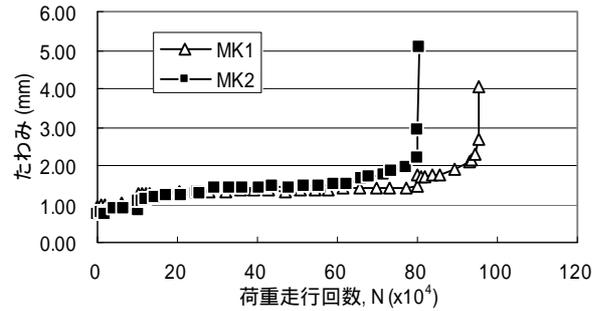


図-4 活荷重たわみの経時変動

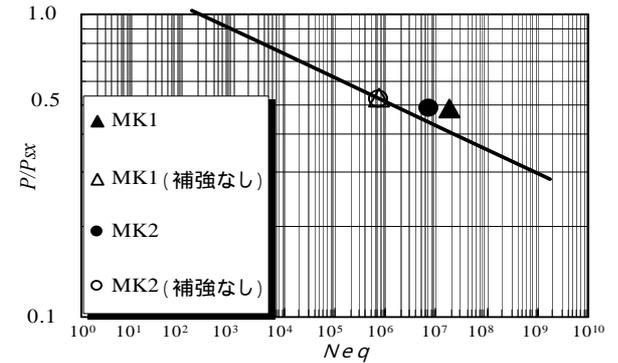


図-5 S-N曲線

$$\text{Log}(P/P_{sv}) = -0.07856 \text{Log}N + 1.526 \quad \text{式(1)}$$

$$P_{sv} = 2B(\tau_{smax} \cdot X_m + \sigma_{smax} \cdot C_m) \quad \text{式(2)}$$

$$N_{eq} = \sum_{i=1, j} \left[n_i \left(\frac{P_i}{P_o} \right)^{12.76} \right] \quad \text{式(3)}$$

表-3 Neq(150kN換算)と寿命増加率

	Neq (補強あり)	Neq (補強無)	寿命 増加率
MK1	15,820,000	740,000	24.9
MK2	7,570,000	750,000	10.1