

低目付け量のアラミド繊維シートによる道路橋 RC 床版補強に関する研究

ファイベックス(株) フェロー ○田村富雄 大阪大学大学院 学生員 蔡華堅
帝人テクノプロダクツ(株) 雨宮民郎 大阪大学大学院 フェロー 松井繁之

1. はじめに

劣化した道路橋鉄筋コンクリート(RC)床版の補強方法として、床版下面に連続繊維シートを接着する工法が一般化しつつある¹⁾。この方法は、ひび割れ劣化の進行を抑止する力学的効果があり、過去の研究で補強効果の高いことが認められている²⁾。この中で、アラミド繊維シート(AFRPシート)は、絶縁性を有する、屈曲性に優れるなど、安全性、施工性に優れた工法として着目されている。

本研究では、格子貼り補強工法に低目付け量の AFRP シートを使用的した場合の補強効果の確認を目的として、大阪大学の輪荷重走行試験機による疲労耐久性試験を実施したものである。

2. 実験概要

2.1 供試体概要および補強方法

本実験に使用した RC 床版供試体の概要を図-1 に示す。供試体の寸法は、実大床版のほぼ 2/3 に相当する橋軸方向 3000mm、橋軸直角方向 2000mm とし、床版厚は 160mm とした。さらに支点上に高さ 50mm のハンチを設置した。主鉄筋および配力筋は、それぞれ SD295 の D16 と D13 を使用した。使用したコンクリートの材料特性を表-1 に示す。

補強方法は、供試体下面に 250mm 幅の AFRP シートを 100mm の間隔で格子状に接着した。目付け量の異なる 2 種類の一方向シートを使用し、図-2 に貼り付け方法を示す。AFRP シートの特性を表-2 に示す。表中の引張剛性 S_{AFS} は、式(1)より計算した。

$$S_{AFS} = E_{AFS} \cdot t \cdot b / (b + g)$$

式(1)

ただし、 E_{AFS} 、 t 、 b および g は、それぞれ AFRP シートの弾性係数、設計厚さ、幅および間隔を示す。

2.2 実験方法

実際の道路橋床版の損傷状態を再現するため、供試体 No.1、No.2 共に補強前に予備的な載荷を行って、ひび割れを発生させた。その後、AFRP シートを接着し本載荷を実施した。本載荷は、輪荷重が 100kN から 170kN まで段階的に増加し、床版の破壊まで走行実験を行った。本載荷プログラムを図-3 に示す。

3. 走行回数と劣化過程

AFRP 補強後、No.1 は 976,000 回、No.2 は 1,000,000 回の本載荷後に押抜きせん断破壊を呈したため、走行実験を終了した。予備載荷の回数を加えて、No.1 および No.2 の総載荷回数は 1,036,000 回、1,060,000 回になる。

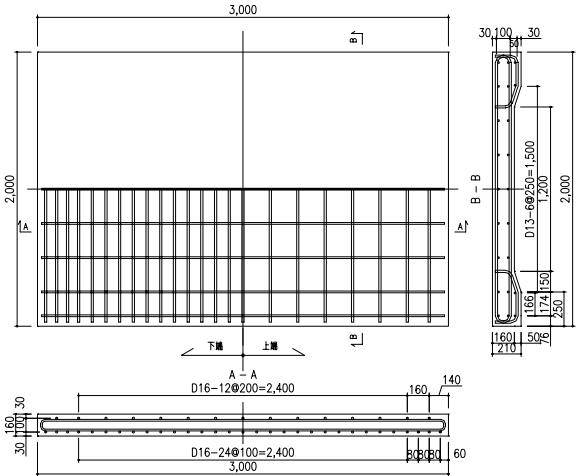


図-1 供試体概要

表-1 コンクリートの材料特性

供試体	No.1	No.2
圧縮強度 (MPa)	47.0	43.4
引張強度 (MPa)	2.6	2.6
弾性係数 (GPa)	37.0	36.7

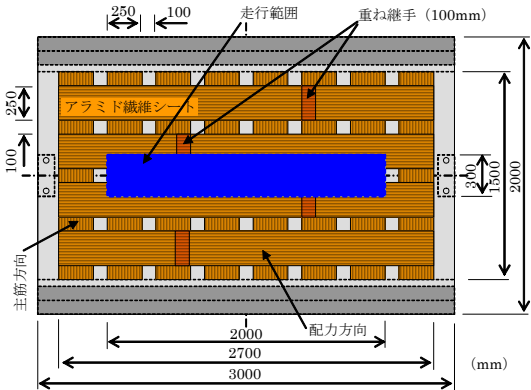


図-2 AFRP シート接着方法

表-2 AFRP シートの材料特性

供試体	No.1	No.2
目付け量 (g/m ²)	415	623
引張強度 (MPa)	2060	2060
弾性係数 (GPa)	118	118
設計厚さ (mm)	0.286	0.430
引張剛性 (kN/mm)	24.1	36.2

供試体の劣化過程を明らかにするため、疲労試験時に供試体の中央点における活荷重たわみによる劣化度³⁾ D_δ を式(2)を用いて計算した。劣化過程を図-4に、補強前後の δ および D_δ の変化を表-3にそれぞれ示す。

$$D_\delta = (\delta - \delta_a) / (\delta_c - \delta_a) \quad \text{式(2)}$$

ただし、 δ ：実験計測たわみ値、 δ_a ：コンクリート全断面有効の計算値、 δ_c ：引張側コンクリートを無視した計算値。

図-4においてAFRP補強直後に両供試体の劣化度が低下することが認められる。No.2の δ および D_δ の低下量は、No.1よりも若干大きな値を示し、引張剛性の違いに対応した結果となった。

補強後の経過をみると、No.2の劣化進行はNo.1と比較して速くなっている。これは、No.1のコンクリート強度がNo.2のものと比較して大きな値であったことによると判断される。

何れの試験体も荷重を170kNに上昇させると δ の増加速度が急激に大きくなり、かぶりコンクリートの剥離と、それに伴うAFRPの剥離が順次発生し、最終的に主鉄筋断面がせん断破壊した。

4. 疲労寿命の評価

AFRP補強された供試体の疲労耐久性の向上効果を明らかにするために、無補強床版の疲労寿命と比較する。この無補強床版の疲労寿命は松井⁴⁾によって提案された既往のRC床版の次のS-N式を用いて算出する。

$$\text{Log}(P/P_{sx}) = -0.07835 \text{Log}N + \text{Log}1.520 \quad \text{式(3)}$$

ただし、 P ：载荷輪荷重、 P_{sx} ：輪荷重に対するはり状化した床版の押抜きせん断耐力⁶⁾、 N ：载荷回数。

本実験では、輪荷重 P を数階段に変化させていたため、 N に対して基準荷重 P_o の一定载荷とした時の等価载荷回数、 N_{eq} を適用する。そこでマイナー則が採用できるものとする、 N_{eq} の計算は次の式で示される。

$$N_{eq} = \sum (P_i/P_o)^m * n_i \quad \text{式(4)}$$

ただし、 P_i ：実際に载荷した荷重、 m ：係数($1/k$)、 k ：0.07835、 n_i ：荷重 P_i における繰り返し走行回数。

実際の交通荷重に対応する値として、輪荷重 P_o を150kNとした等価載回数を表-4に示す。床版の寿命延長率は、それぞれ5.7倍および7.5倍となり、低目付け量のAFRPを使用した格子貼り補強においても有意な寿命延長効果を期待できることが明らかになった。

5. まとめ

本研究では、低目付け量のアラミド繊維シートを格子状に貼付けた場合のRC床版補強効果について、寿命延長率で5.7～7.5倍になることが確認された。

参考文献 1) 川西，堀川，松井，西川：道路橋床版の上面増厚工法，下面シート接着工法および両者を併用したサンドイッチ工法の疲労耐久性評価，橋梁と基礎，pp. 25-34, 2001.9.

2) 三上，田村，角田，廣瀬，堀川：二方向アラミドシート接着補強床版の疲労耐久性評価の一手法，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，pp. 169-174, 2003.6.

3) 松井，前田：道路橋RC床版の劣化度判定法の一定案，土木学会論文集，No.374/I-6, pp. 419-426, 1986.10.

4) 松井：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.

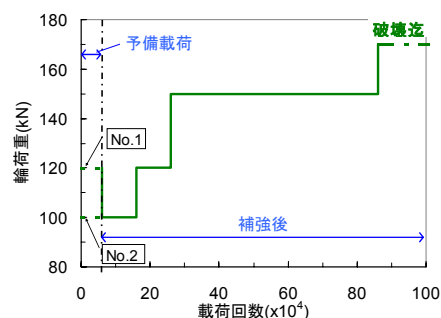


図-3 载荷プログラム

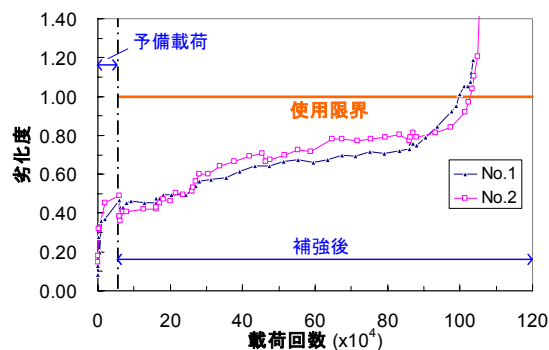


図-4 劣化過程

表-3 δ と D_δ の低下

供試体	No.1	No.2
δ の低下 (%)	15.19	21.43
D_δ の低下 (%)	18.09	22.00

表-4 N_{eq} と寿命延長率

供試体	No.1	No.2
N_{eqo} (無補強計算値)($\times 10^4$)	257	213
N_{eqs} (補強実験値)($\times 10^4$)	1476	1594
寿命延長率 (N_{eqo}/N_{eqs})	5.74	7.48