

炭素繊維シート格子接着工法により補強したRC床版の疲労耐久性

三菱化学産資(株)(炭素繊維補修・補強工法技術研究会) 正会員 ○久部 修弘
首都高速道路株式会社 建設管理部 正会員 下西 勝
大阪大学大学院 工学研究科 工博 正会員 蔡 華堅
大阪工業大学 教授 工博 フェロー会員 松井 繁之

1. はじめに

道路橋 RC 床版の耐久性向上対策の一つとして連続繊維シート接着工法の適用検討が数多くなされている．例えば首都高速道路公団では「コンクリート橋の床版補強設計・施工要領」を平成 17 年 7 月に定め，繊維目付け量 400g/m² の中弾性型炭素繊維シートを主筋方向・配力筋方向それぞれ間隔を設けて格子状に接着する工法（以下「格子接着工法」）を採用している．その後，繊維目付け量を低減した炭素繊維シート（200g/m²，300g/m²）で補強した RC 床版の輪荷重走行試験¹⁾も実施しているが，本研究では，十分な延命効果が得られ，かつより経済的である炭素繊維シートを選定する目的で繊維目付け量 340g/m² の炭素繊維シートを用いて輪荷重走行試験を行った．

2. 実験概要

本検討では，昭和 43 年に竣工した供用中の床版をモデルとし，図-1 に示す幅 2000mm×長さ 3000mm×厚さ 160mm の RC 床版を製作した．配力鉄筋量は主鉄筋量の 63.7%とした．コンクリート目標強度は，実際の補強対象床版を参考に 30N/mm² とし，輪荷重走行試験時の圧縮強度は 32.5N/mm² であった．補強方法は図-2 に示すように，幅 25cm の炭素繊維シートを 10cm の間隔を空けて格子状に貼付した．炭素繊維シートの特性及び補強仕様を表-1 に示す．

実験には，クランク式の輪荷重走行試験機を用いた．供試体はハンチ部で支持桁上に丸鋼を介してスパン 1800mm で単純支持し，スパン中央部の幅 500mm×長さ 200mm の 2 分割構造載荷板上の 2000mm 範囲に鉄輪を往復させて載荷した(図-1)．予備載荷として，無補強の状態 で 120kN の輪荷重を 3 万回走行させ，床版にひび割れ損傷（二方向ひび割れが発生した状態）を発生させた後に，炭素繊維シートを接着して表-2 に示す載荷プログラムにより載荷を行った．

3. 実験結果及び考察

図-3 に床版中央部のたわみ変化を示す．本載荷は 150kN から実施し，その後段階的に荷重を 180kN，210kN に増加させて載荷を継続した．

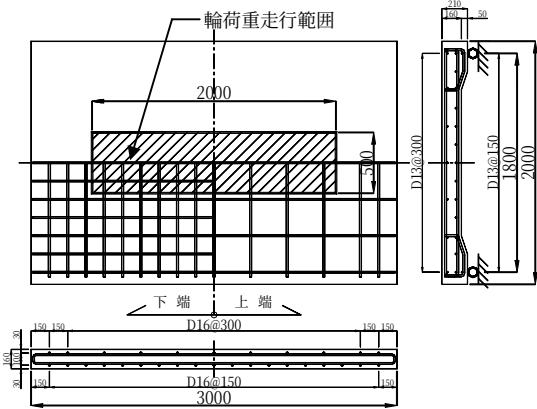


図-1 RC 床版供試体

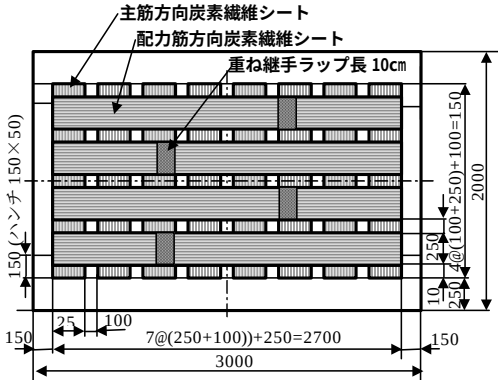


図-2 炭素繊維シート接着方法

表-1 炭素繊維シートの特性及び補強仕様

種類	中弾性型シート
繊維目付け量 g/m ²	340
引張強度 N/mm ²	2400 以上
ヤング係数 N/mm ²	4.40
設計厚さ mm	0.185
シート幅(間隔) mm	250(100)
引張剛性 kN/mm	58*

*：4.40×10⁵×0.185×250/(250+100)/1000 58kN/mm

表-2 載荷プログラム

載荷ステップ	荷重(kN)	走行回数(回)
予備載荷	120	30,000
step-1	150	500,000
step-2	180	400,000
step-3	210	破壊まで

キーワード 炭素繊維シート，RC 床版，疲労耐久性，格子接着工法，輪荷重走行試験

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目 8 番 2 号 三菱化学産資株式会社 TEL 03-5293-664

荷重を 210kN に増加後、20 万回(载荷開始から合計 131 万回)で破壊に至った。走行試験中に散見された局所的な剥離は進展することなく、**図-4** に示すようにハンチ部近傍の押し抜きせん断破壊により終局に至った。

劣化度と走行回数の関係を**図-5** に示す。劣化度は式(1)で示す活荷重たわみによる劣化度 D_0 を用いた。この D_0 が 1 に達すると、床版の使用限界状態となるとされている²⁾。ここに、 W は活荷重たわみの計測値であり、 W_0 、 W_c はそれぞれコンクリート全断面有効及び引張側コンクリートを無視した炭素繊維シートを考慮した計算値である。

$$D_0 = (W - W_0) / (W_c - W_0) \quad (1)$$

予備载荷時(無補強)の劣化度が急激であるのに対して、補強後は 180kN、210kN という大きな载荷荷重の繰返しに対しても劣化度の増加は緩やかで換算走行回数と劣化度はほぼ線形関係にある。劣化度が 1.0 を超えた後、劣化度の増加が顕著となり破壊に至っていることから炭素繊維シート補強床版についても、たわみによる劣化度の評価が有効であると考えられる。

松井らが提案している RC 床版の S-N 関係式に、繰返し変動荷重に対してマイナー則が適用できるものとして、各荷重ステップでの载荷回数を一定の評価荷重 P_0 に対する換算した式(2)で示す累積等価载荷回数 N_{eq} を算定³⁾した。ここに、 n_i は荷重 P_i での载荷回数である。

$$N_{eq} = \sum_{i=1,j} \left(n_i \cdot \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{\frac{1}{0.07835}} \right) \quad (2)$$

表-3 に式(2)の累積等価载荷回数から算出した換算寿命増加率の比較を示す。H15 年度 1,2 供試体¹⁾は本実験と同様 16cm 厚さの床版に補強を行ったものである。各床版を比較すると、本補強量の範囲内では概ね炭素繊維シートの引張剛性と寿命増加率は高い相関関係にあることが窺える。

4. まとめ

- (1) 本研究の範囲内での補強床版についても、たわみによる劣化度の評価が有効である。
- (2) 16cm 厚の床版に対しては、炭素繊維シートの補強量を $EA=58\text{kN/mm}$ として格子接着法により補強することで概ね 30 倍程度の十分な延命効果が得られると考えられる。

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、石川島播磨重工業株式

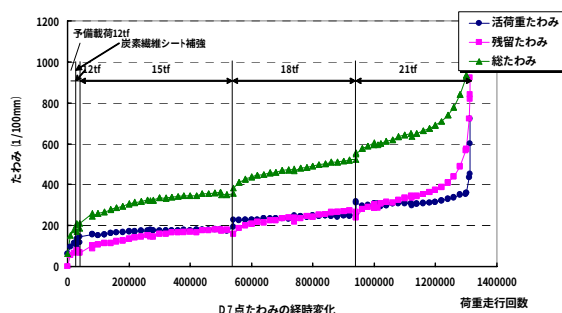


図-3 床版中央のたわみ-走行回数

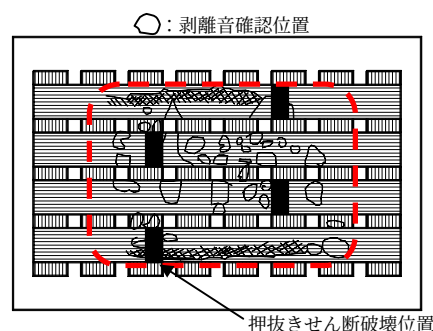


図-4 载荷終了後の破壊状況

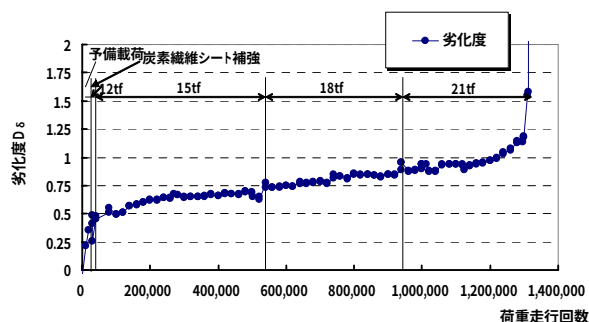


図-5 劣化度と走行回数の関係

表-3 寿命増加率の比較

供試体(ヤング係数, 目付量)	Psx* (kN)	EA (kN/m)	寿命 増加率
H15年度1(390kN/mm ² , 200g/m ²)	272	30	5.4
H15年度2(390kN/mm ² , 300g/m ²)	275	45	19.9
本実験 (440kN/mm ² , 340g/m ²)	277	58	33.4

*大阪大学载荷板(300×120mm)サイズに統一した押し抜きせん断耐力

会社殿、株式会社ケミカル工事殿に多大なご協力を受けました。ここに記して深甚の謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 小林, 蔡, 下西, 松井: 炭素繊維シート格子接着工法により補強した RC 床版の疲労耐久性, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.2, 2005.6
- 2) 松井, 前田: 道路橋 RC 床版の劣化度判定法の一提案, 土木学会論文集, 第 374 号/I-6, pp.419-426, 1986.10
- 3) 松井: 道路橋 RC 床版の疲労設計法試案, 平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1990.3