

I-162

炭素繊維シートによる床版下面補強の静的載荷試験

日本大学 正員 若下 藤紀 建設省 正員 森 成道
 日本大学 小林 雅文 (株)東燃 正員 吉澤 弘之

1. まえがき 今日、社会資本である構造物が現在の経済発展の一端を担ってきた。その中でも昭和40年代からの高速道路の建設による要因が大きく、現在に至っている。ところが、年々増加する交通量、過積載車両等の影響により、初期に建設された鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版（以下RC床版と称す）の部分的な抜け落ち、ひび割れ等の損傷が大きな問題となっている。また、近年の社会環境から、橋梁の設計荷重が8tfから10tf（軸重で20tf）に増加された。そこで今回、実橋から採取したRC床版を下面からの炭素繊維シート接着工法による補強の信頼性、またその確立のための基礎的研究として静的載荷試験を行った。

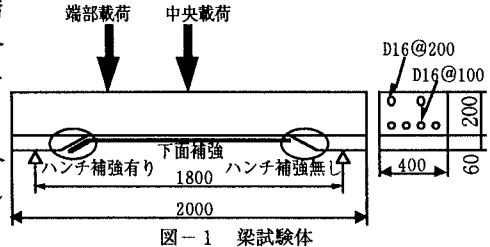


図-1 梁試験体

2. 試験概要 本実験は、予備試験として、補強材である炭素繊維シートの材料特性確認を目的とした梁試験を行い、その結果をふまえて本試験として、炭素繊維シートの効果を確認する床版試験を行った。供試体は、20余年供用された高架橋で床版打換え工事の際に採取したものを使用した。外形寸法は、主筋方向2.0m×配筋方向3.0mである。梁試験では、

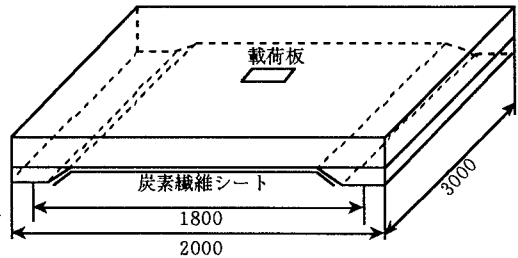


図-2 版試験体

表-1 試験体仕様および載荷方法

No.	試験体	補強	ハンチ補強	載荷試験
BA1	梁（実橋床版）	無補強		中央曲げ
BA2	梁（実橋床版）	無補強		端部曲げ
BA3	梁（実橋床版）	炭素繊維シート	無し	中央曲げ
BA4	梁（実橋床版）	炭素繊維シート	無し	端部曲げ
BA5	梁（実橋床版）	炭素繊維シート	有り	中央曲げ
BA6	梁（実橋床版）	炭素繊維シート	有り	端部曲げ
BA7	梁（実橋床版）	SS400鋼板4.5mm	有り	端部曲げ
BN1	新規打設梁	炭素繊維シート	有り	中央曲げ
BN2	新規打設梁	炭素繊維シート	無し	中央曲げ
PS1	実橋床版	無補強		静的曲げ
PS2	実橋床版	炭素繊維シート	有り	静的曲げ

床版から40cm幅に切り出したものの7体、新規コンクリートで打設したもの2体を製作した。試験体仕様および載荷方法については、図-1、2および表-1に示す。補強材として使用する炭素繊維シートは、一方向性のものを使用した。また接着方法は、梁、床版ともに架台上に設置して、補強材を主筋、配筋方向に1層ずつ実橋と同様に下面から施工した。載荷方法は、載荷板が12cm（橋軸）×30cm（橋軸直角）とする1点載荷である。採取した床版コンクリートの圧縮強度は平均279kgf/cm²、新規の床版コンクリートの圧縮強度は313kgf/cm²であった。

3. 試験方法 梁試験では、切り出したRC床版の残留剛性を評価するため、補強前に予備載荷を行い、弾性特性を計測した。予備載荷は、鉄筋ひずみ500μが生じる荷重を上限とした。補強後、予備載荷と同一荷重レベルで補強後の弾性特性を計測した後、破断まで単調載荷した。

床版試験では、梁試験同様に、予備載荷試験を行った。支持は、単純支持し、4コーナー点は浮き上がり防止のクランプをした。弾性挙動を確認した後、PS1は、破壊まで単調載荷した。PS2は、補強を行い弾性特性を確認した後、破壊まで載荷した。

4. 試験結果 梁試験において、中央載荷の荷重ひずみ変化状況を図-3に示す。この結果から、補強梁は、無補強梁に比べて30～50%の耐荷力増加が示された。それは、曲げ応力によるクラックが支配的であり最終的せん断方向で破壊するものでそれについて炭素繊維シートが、曲げクラックの発生および

進展の抑制に効果を示したものである。次に、端部載荷の荷重ひずみ変化状況を図-4に示す。鉄筋ひずみに関して鋼板、炭素繊維シートともに補強効果が認められた。

床版試験において、載荷点近傍の鉄筋ひずみと支間中央部の点について計測した結果を図-5および図-6に示す。床版下面全面を炭素繊維シートにより補強を施すと、鉄筋ひずみの低減が顕著に現れた。破壊は、補強の

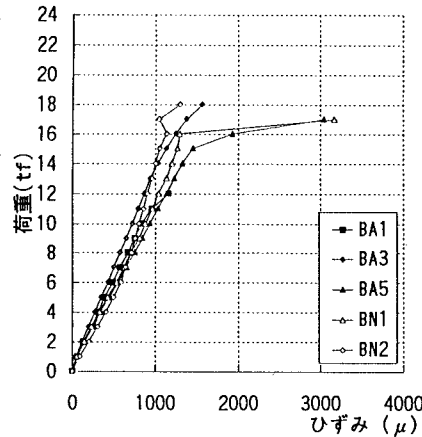


図-3 荷重-ひずみ曲線

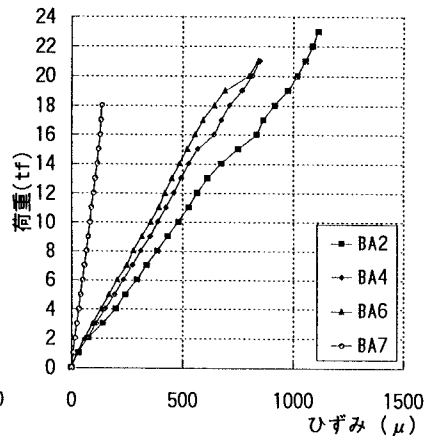


図-4 荷重-ひずみ曲線

有無に関わらず押抜きせん断破壊を示した。炭素繊維シートは、押抜きせん断破壊後も剥離が周囲の面で止められ、全面的剥離や、シートの破断を生じず終局まで効果が認められた。そこで、実橋より切り出したRC床版の補強前後の押抜きせん断耐力を求めるため、松井らによる評価式で算出する。

$$P = \tau_{s, \max} \{ 2(a + 2X_m)X_d + 2(b + 2X_d)X_m \} + \sigma_{t, \max} \{ 2(4C_d + 2d_d + b)C_m + 2(a + 2d_m)C_d \}$$

ここに、 a 、 b ：それぞれの載荷板の主鉄筋方向、配力筋方向の辺長 (cm)。
 X_m 、 X_d ：それぞれの主鉄筋および配力筋に直角な断面の引張側コンクリートが無視した断面の中立軸深さ (cm)。
 d_m 、 d_d ：それぞれの主鉄筋、配力筋の有効高さ (cm)。
 C_m 、 C_d ：

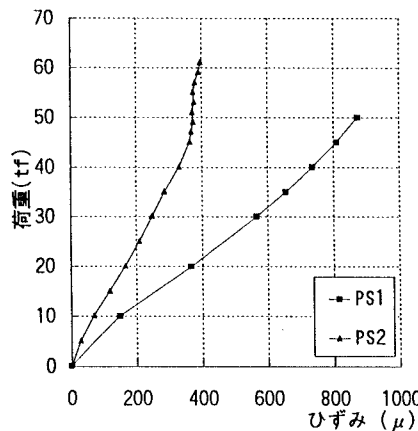


図-5 鉄筋の荷重-ひずみ曲線

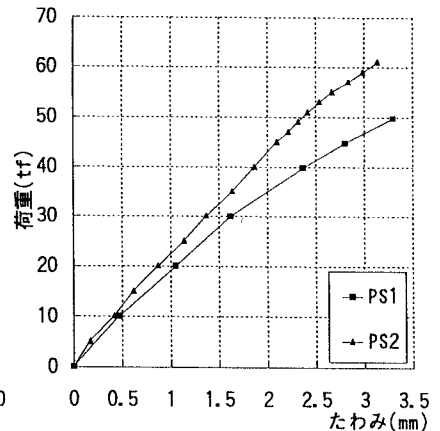


図-6 荷重-たわみ曲線

それぞれの主鉄筋、配力筋からのかぶり厚さ (cm) , $\tau_{s, \max} = 0.252 \sigma_{ck} - 0.000246 \sigma_{ck}^2$, $\sigma_{t, \max} = 0.583 (\sigma_{ck})^{2/3}$, $E_c = 210\,000 + 900 (\sigma_{ck} - 300)$. 補強前後の押抜きせん断耐力の計算値は、補強前で56tf、補強後61tfであり、実験結果の補強前50tf、補強後62tfであった。従って、それぞれの計算値の89%、102%となった。炭素繊維シート補強により、押抜きせん断耐力が計算値で9%、実験値で約24%向上している。これは、中立軸深さが大きくなったことによると考えられる。

5. まとめ 床版供試体での最終破壊性状は押抜きせん断破壊を呈したが、梁の場合に見られた炭素繊維シートの剥離はなかった。これは、押抜きせん断破壊領域の外側での接着面積が大きいためであると考えられる。従って、床版下面補強として有効である見通しを得られたと言える。

参考文献 (1) 森、松井、若下、西川：炭素繊維シートによる床版下面補強効果に関する研究、橋梁と基礎、Vol.29、No.3、pp.25～32、1995