

## 炭素繊維補強はりの強度に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○橋爪 啓樹      オリエンタル建設（株） 正会員 岸本 拓也  
 タカラ技研（株） 正会員 弓倉 啓右      新日本石油（株） 非会員 竹村 振一  
 山口大学工学部 正会員 浜田 純夫

## 1. はじめに

近年、昭和40年代以前に施工された橋梁において鉄筋コンクリート(RC)床版の損傷事例が報告されている。RC床版損傷の主な原因としては、老朽化の進行、交通量の増加および車両の大型化などがある。床版の維持管理において、道路橋のライフサイクルに対し、繰返し輪荷重の作用を直接受ける床版としての耐久性を確保することはきわめて重要である。そこで、本研究では炭素繊維集成板=Consolidated Carbon Fiber Plate(以下CCFPと示す)を用いた補強工法の確立を目指すこととし、CCFPによる補強効果の有効性を調べることを本研究の目的として、RC梁の静的曲げ実験を行い、RC張出し床版の曲げ特性に関するCCFP補強効果を調べることを目的として、RC張出し床版の静的載荷実験を行った。

## 2. 梁の静的曲げ実験

## 2-1 供試体および実験概要

図-1に供試体の形状と寸法を示す。載荷点間距離1500mm、スパン1500mmの4点曲げ載荷で実験を行い、無補強供試体2体、貼付け枚数・端部固定方法を変えた供試体5体の計7体の比較検討を行った。使用したCCFPは厚さ1.2mm×幅50mmで、接着にはエポキシ樹脂を用いた。供試体概要図を図-2に示す。

## 2-2 実験結果および考察

実験結果を表-1に示す。無補強比の基準値はPL-0の平均値(42.1kN)を用いた。PL-2, PL-2-Dに高い終局荷重がみられ、破壊形式は曲げ破壊、CCFP剥離曲げ破壊、CCFP剥離せん断破壊の3種類となった。剥離はコンクリート表層部の破壊により起こり、CCFPの断裂はみられなかった。図-3にたわみの計測結果を示す。PL-0は鉄筋降伏後、変位が急増した。CCFP供試体は鉄筋降伏後も剛性を保ちたわみに抵抗する傾向にあった。計算値と比較すると、1枚補強・2枚補強とも実験値との差が小さい。また、全断面有効計算値と比較すると、ひび割れ発生荷重までは実験値と同様の挙動を示している。図-4にコンクリート上面ひずみの計測結果を示す。CCFP補強した供試体はいずれも同じような挙動を示し、無補強供試体と比べ、比較的小さなひずみ増分であった、下面のCCFP補強が供試

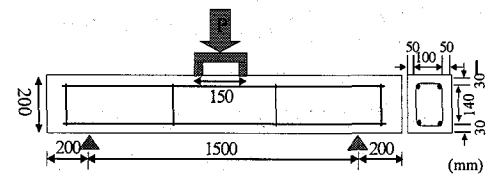


図-1 鉄筋コンクリート梁供試体概要

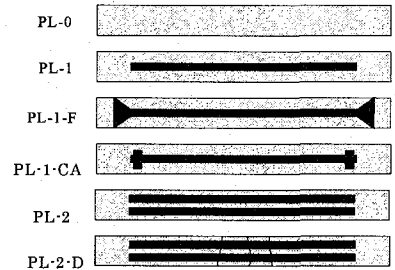


図-2 供試体概要図

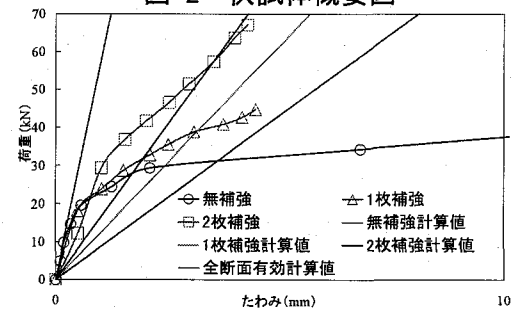


図-3 たわみ-荷重関係

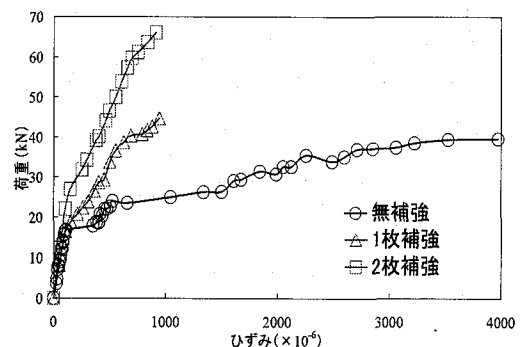


図-4 コンクリート上面ひずみ

表-1 実験結果

| 供試体No.   | 最大荷重<br>(kN) | 無補強比 | 最大変位<br>(mm) | 最大コンクリート<br>上面ひずみ<br>( $\times 10^{-6}$ ) | CCFP最大ひずみ<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 破壊形式        |
|----------|--------------|------|--------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| PL-0     | 39.6         | -    | 26.7         | 3970                                      | -                                 | 曲げ          |
| PL-0     | 44.5         | -    | 26.8         | 2640                                      | -                                 | 曲げ          |
| PL-1     | 44.7         | 1.06 | 4.5          | 940                                       | 3480                              | CCFP剥離(曲げ)  |
| PL-1-F   | 45.1         | 1.07 | 4.9          | 634                                       | 2589                              | CCFP剥離(曲げ)  |
| PL-1-CAS | 54.8         | 1.3  | 12.1         | 1796                                      | 4145                              | CCFP剥離(曲げ)  |
| PL-2     | 67.3         | 1.6  | 4.3          | 945                                       | 3100                              | CCFP剥離(せん断) |
| PL-2-D   | 61.3         | 1.45 | 4.8          | 826                                       | 2842                              | CCFP剥離(せん断) |

数字：CCFP貼付け枚数，F：扇，C：かぎ爪，A：アンカーボルト，S：鋼板，D：損傷後補強

体上面に発生する圧縮部のひずみの抑制に寄与していることがわかった。なお、コンクリートの圧縮ひずみ性能は  $3500 \times 10^{-6}$  とした。

### 3. 張出し床版の静的載荷実験

#### 3-1 供試体および実験概要

供試体は図-5 に示すように、断面  $700\text{mm} \times 190\text{mm}$ 、長さ  $1950\text{mm}$  (張出し部  $1150\text{mm}$ ) とし、昭和 39 年の道路橋示方書に準拠し設計した。無補強 1 体 (N-1)、標準弾性率補強 1 体 (S-1)、高弾性率補強 1 体 (H-1) の計 3 体とした。供試体の右端から  $200\text{mm}$  の箇所を上下より固定し、この固定地点からさらに  $600\text{mm}$  の箇所を下方から支持することにより、片持ち梁にする。静的曲げ荷重は、供試体の左端から  $450\text{mm}$  の位置に作用させる。供試体の幅  $700\text{mm}$  全幅に渡って負荷するため、長さ  $700\text{mm}$  の H 鋼などを載荷部に設置したうえで曲げ荷重を載荷する。

#### 3-2 実験結果および考察

実験結果を表-2 に示す。ひび割れ発生荷重は N-1 が最も小さく  $29.4\text{kN}$  であり、次いで H-1 が  $44.1\text{kN}$ 、S-1 が  $58.8\text{kN}$  となった。破壊荷重も同順となり、順に  $95.5\text{kN}$ 、 $124.5\text{kN}$ 、 $160.7\text{kN}$  であり、S-1 が最も高い終局耐力を有していた。図-6 に載荷部のたわみ計測結果を示す。全ての供試体においてたわみ量約  $12\text{mm}$  まで同様の挙動となっている。N-1 はその後、剛性の低下によるたわみの急増がみられ終局耐力を迎えるが、S-1 および H-1 は変曲点もなく荷重は増加していることから、剛性が保たれていることがわかる。図-7 に片持ち支点上の鉄筋に作用する引張応力-荷重の関係を示す。 $50\text{kN}$  時の鉄筋の引張応力を比較すると、N-1 が  $180\text{N/mm}^2$  に対して S-1 と H-1 は  $70\text{N/mm}^2$ 、 $90\text{N/mm}^2$  と約 50% の応力しか作用していないことがわかる。これは CCFP が応力分担することにより鉄筋の引張応力が減少したためと考えられる。また S-1 と H-1 の鉄筋の引張応力-荷重の関係は同様であり、H-1 は CCFP の貼付け枚数が少ないにもかかわらず S-1 と同程度の効果があることがわかる。これより作業性にも優れ、S-1 と同程度の効果である H-1 を用いる方が良く考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 梁の静的曲げ試験において、CCFP 2 枚貼付けや端部固定など CCFP の剥離が起きにくい工夫をすることで補強効果が向上した
  - (2) 梁の静的曲げ試験において、損傷を与えた供試体においても CCFP による補修・補強効果は十分に認められた。
  - (3) 静的載荷試験において、高弾性率 CCFP は標準弾性率 CCFP と比較し、鉄筋に作用する応力を減少させる点で有利である。
  - (4) 梁の静的曲げ試験・静的載荷試験において、CCFP を貼付けることによって鉄筋ひずみを抑制できる。
- 以上のことから、CCFP の優れた補強効果が確認できた。

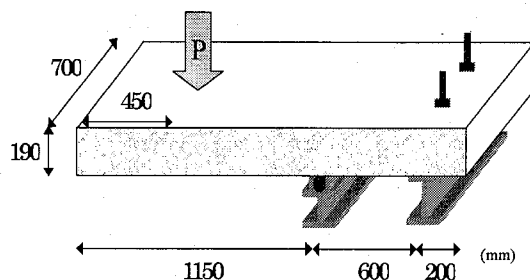


図-5 供試体概要

表-2 実験結果

| 供試体No. | ひび割れ荷重 (kN) | 破壊荷重 (kN) | CCFP最大ひずみ ( $\times 10^{-6}$ ) |
|--------|-------------|-----------|--------------------------------|
| N-1    | 29.4        | 95.5      | -                              |
| S-1    | 58.8        | 160.7     | 6661                           |
| H-1    | 44.1        | 124.5     | 3470                           |

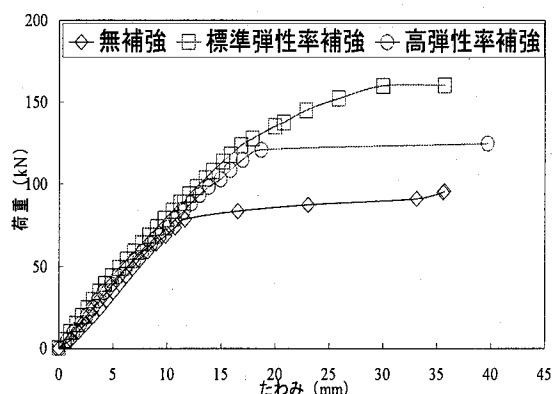


図-6 たわみ-荷重関係

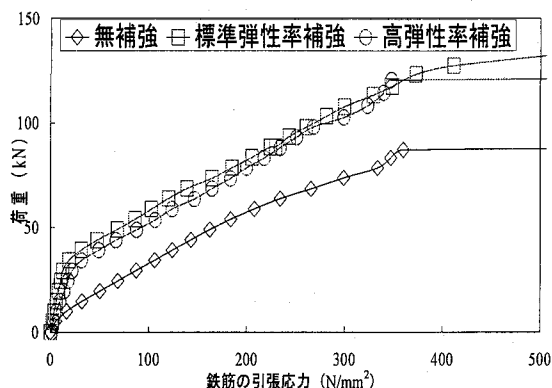


図-7 鉄筋の引張応力-荷重の関係