

光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強コンクリートはりの曲げ性状

清水建設技術研究所 フェロー会員 関島 謙蔵
旭硝子マテックス技術部 正会員 金野 智宏

1. まえがき

コンクリート構造物の健全性をモニタリングする方法として、補強材自体にセンサー機能を付加する方法が有望と期待されている。筆者らは、近年注目されている光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材の引張試験を行って、補強材がセンサー機能を有することを確認している¹⁾。

本研究では、光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材を引張側の主筋に使用したコンクリートはりの曲げ試験を行って、補強材に引張応力が負荷された時に光ファイバーを通過する光量を測定し、はりの曲げ性状と補強材のセンサー機能について検討した。

2. 試験の概要

(1) 使用材料

連続炭素繊維補強材は、PAN系高強度炭素繊維にビニルエステル樹脂を含浸して、格子状に成形したものであり、その仕様を表 - 1 に示す¹⁾。2本の主筋の間隔は90mm，横筋の間隔は100mmとした。

表 - 1 連続炭素繊維補強材の仕様

| 繊維 | 樹脂 | 繊維体積混入率 V_f (%) | 公称断面積 A (mm^2) | 終局ひずみ ϵ_u (%) | 引張強度 f_u (N/mm^2) | ヤング係数 E (kN/mm^2) |
|-------------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---|---|
| PAN系高強度炭素繊維 | ビニルエステル樹脂 | 43 | 26.4 | 1.43 | 1,460 | 102 |

光ファイバーは、コアが石英ガラス，クラッドがプラスチックの複合光ファイバーを使用した。表面には保護被覆が施されていて，外径は $500\mu\text{m}$ である。光ファイバーは主筋のほぼ中心に配置してある。なお，補強材の内部においては，光ファイバーの保護被覆を剥がしてビニルエステル樹脂との付着性を高めた。

コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し，粗骨材の最大寸法は20mmとした。供試体の曲げ試験時におけるコンクリートの圧縮強度，ヤング係数および引張強度は，それぞれ $48.0\text{N}/\text{mm}^2$ ・ $33.0\text{kN}/\text{mm}^2$ および $3.32\text{N}/\text{mm}^2$ である。

(2) 供試体

供試体は引張側と圧縮側の主筋に格子状の連続炭素繊維補強材を使用したコンクリートはりであり，断面の幅150mm，高さ150mm，長さ1,300mm (No.1) 1,500mm (No.2) および1,600mm (No.3) の3体である (図 - 1

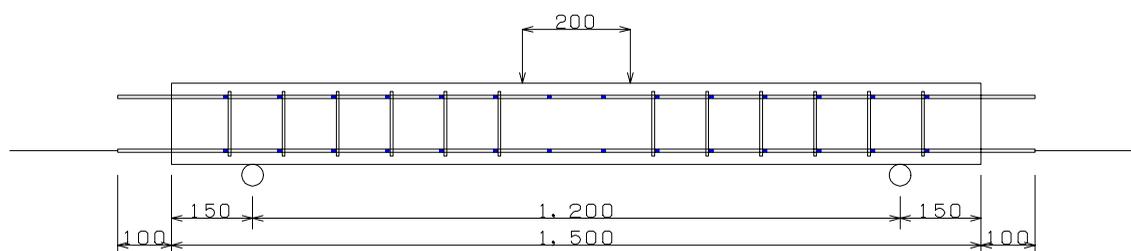


図 - 1 供試体の形状 (No.2)

参照)。2本の引張側の主筋にのみ光ファイバーを配置した。なお、供試体のせん断破壊を防止するために、スターラップも同じ仕様の補強材を用いて100mm間隔に配置した。

(3) 試験方法

各供試体のせん断スパンを一定(500mm)とし、中央集中載荷(No.1)または対称2点載荷(No.2およびNo.3)として曲げ試験を行った。曲げ試験においては、供試体が破壊に至るまでの荷重、たわみ、ひずみおよびひび割れ幅を測定し、さらに光パワーメータを用いて光ファイバーを通過する光量を測定した。外部光源には、中心波長 $850 \pm 15\text{nm}$ の発光ダイオード(LED)を使用した。

3. 試験結果および考察

(1) 力学的性状

試験結果を表-2に示す。No.1は載荷点の下に1本、No.2とNo.3は載荷点間に1本または2本の曲げひび割れが発生し、その後補強材が破断して曲げ引張破壊した。No.1の荷重と引張側補強材のひずみの関係は、コンクリートの引張応力を無視した弾性計算値にほぼ一致した。No.2とNo.3は曲げひび割れ発生後まもなく測定不能となったが、実験値と計算値はほぼ一致しているものと考えられる。

(2) 光学的性状

引張側補強材の光ファイバーを通過する光量と弾性理論によるひずみの計算値との関係を図-2および図-3に示す。No.2はひずみがある値を超えると光量が急激に減衰する現象が認められた。その後、除荷しても光量の著しい減衰はそのまま残った。すなわち、この現象は非可逆的であった。さらに荷重を増加すると、再び光量が急激に減衰した。これらの現象は光ファイバーの破断および破断面の距離の増加によるものと考えられる。一方、No.1とNo.3は荷重の増加と共に光量は少しずつ減衰したが、著しい減衰は生じなかった。

以上の結果から、ばらつきは大きいものの、No.2のように光ファイバーを通過する光量を測定することによって、補強材が破断という致命的な損傷を受ける前に検知することが可能な場合があることがわかった。

4. あとがき

再現性が確保できるように成形方法を改良していけば、光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材はセンサー機能を有するコンクリート用補強材となり得る可能性を有していると考えられる。

参考文献

- 1) 関島・大塚・金野：光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材のセンサー機能に関する研究，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，第5部，pp.690-691，1999.9

表-2 曲げ試験結果

| 供試体 | 曲げひび割れ発生荷重 P_{cr} (kN) | 破壊荷重 P_u (kN) | 破壊形式 |
|------|--------------------------------|-----------------------|--------|
| No.1 | 8.8 | 38.9 | 曲げ引張破壊 |
| No.2 | 6.9 | 34.3 | 曲げ引張破壊 |
| No.3 | 7.8 | 37.2 | 曲げ引張破壊 |

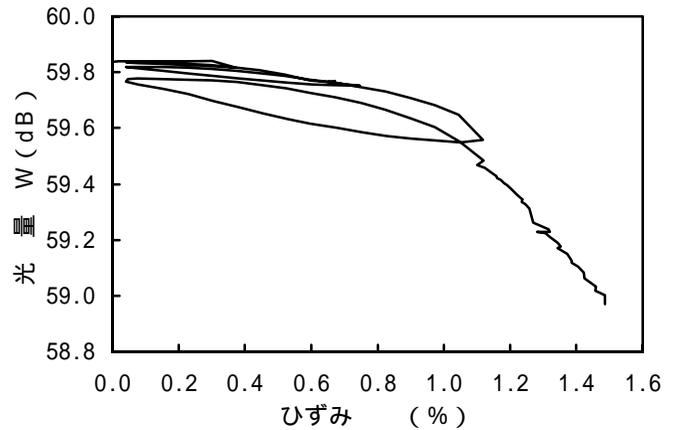


図-2 光量とひずみの関係 (No.1)

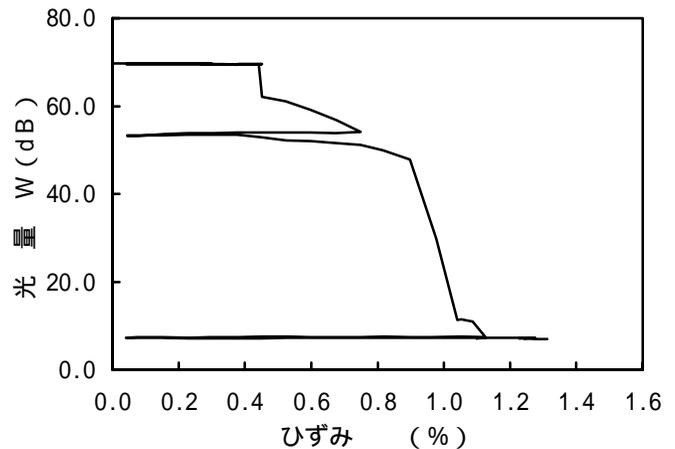


図-3 光量とひずみの関係 (No.2)