

V-345 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

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

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。例えば、炭素繊維とガラス繊維をハイブリッドした連続繊維補強材は、電気抵抗の変化を測定することによって破壊予知が可能なインテリジェント材料の一種であることが報告されている¹⁾。

本研究では、近年注目されている光ファイバーを連続炭素繊維補強材に配置した供試体の引張試験を行って、荷重やひずみと共に光ファイバーを通過する光量を測定し、光ファイバーを配置した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) 使用材料および供試体

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、ほぼ長方形断面を有する棒状に成形したものであり、その仕様を表-1に示す。

表-1 連続炭素繊維補強材の仕様

筋番	繊維	樹脂	繊維体積混入率 V_f (%)	公称断面積 A (mm^2)
C8	PAN系高強度 炭素繊維	ビニルエステル 樹脂	43	26.4

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。光ファイバーは補強材の断面のほぼ中心に配置してあり、両端部から約2m露出している。なお、保護被覆を施した光ファイバーはビニルエステル樹脂との付着性がよくないので、補強材の内部においては保護被覆を剥がして付着性を高めた。

供試体の長さは700mmとし、両端に長さ200mmの鋼管を挿入した後、定着用膨張材を充填した²⁾。供試体の寸法を図-1に示す。

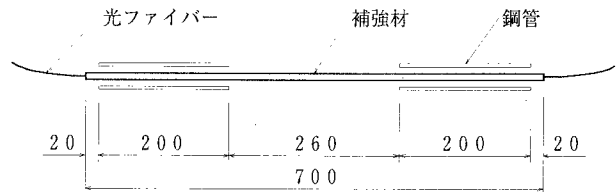


図-1 供試体の寸法

(2) 試験方法

供試体の両端の鋼管を試験機のチャックで直接つかみ、供試体に引張力を加えた。試験においては、供試体が破壊するまで荷重とひずみを測定し、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。

表-2 引張試験における力学的性状のまとめ

引張試験方法	最大引張荷重 F_u (kN)	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)
単調	38.5	1.43	1,460	102
繰り返し	38.0	1.41	1,440	102

キーワード：連続炭素繊維補強材、光ファイバー、ひずみ、光量、センサー機能

〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5533 FAX 03-3820-5959

引張試験は単調引張試験3体(No.1~No.3)および繰り返し引張試験4体(No.4~No.7)について行った。繰り返し引張試験においては、各サイクルごとに上限荷重を約5kNずつ増加させた。

3. 試験結果および考察

(1) 力学的性状

単調および繰り返し引張試験における力学的性状のまとめを表-2に示す。引張強度やヤング係数などの力学的性状は、繰り返し荷重によってもほとんど変わらなかった。図-2は繰り返し引張試験における荷重とひずみの関係の一例(No.7)を示したもので、補強材の破断に至るまではほぼ直線であった。

(2) 光学的性状

単調引張試験における各供試体の光量とひずみの関係を図-3に示す。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が、光量とひずみの関係のバラツキは大きかった。

繰り返し引張試験における光量とひずみの関係の一例(No.7)を図-4に示す。単調引張試験と同様に、ひずみがある値を超えると光量が急激に減衰した。その後、除荷しても光量はわずかにしか増加せず、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光量は少しずつ減衰した。前者の現象は光ファイバーの破断であり、後者は光ファイバーの破断面の距離の増加であると考えられる。

以上の結果から、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になった。

4. あとがき

光ファイバーを中心に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見通しが得られた。

ただし、光量とひずみの関係のバラツキが大きいため、再現性を確保するためには補強材の成形方法を改良する必要がある。

参考文献

- 1) 関島・中辻・武藤・柳田：CFGFRPロッドの損傷検知方法に関する2, 3の考察, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, 第5部, pp.906-907, 1994.9
- 2) 定着用膨張材を用いた引張試験方法, コンクリート・ライブラリー第88号, 土木学会, pp.337-341, 1996.

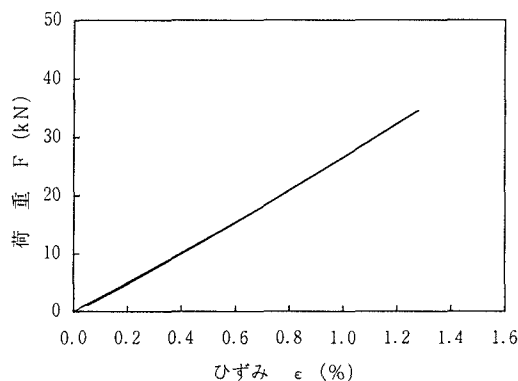


図-2 荷重とひずみの関係 (No.7)

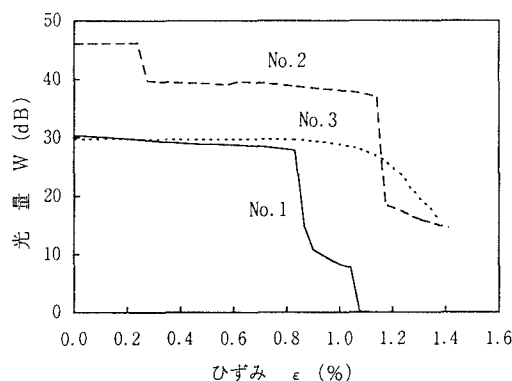


図-3 光量とひずみの関係 (No.1~No.3)

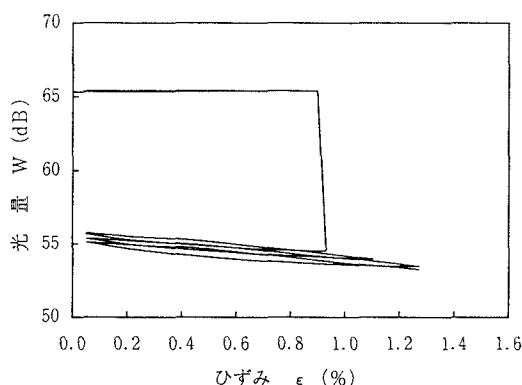


図-4 光量とひずみの関係 (No.7)