

## 光ファイバセンサのひび割れ幅検出精度確認試験方法に関する基礎研究

芝浦工業大学 学生会員 ○井上 なつみ  
 石川島検査計測株式会社 正会員 河野 豊  
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太  
 芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

## 1. 研究背景および目的

近年、光ファイバセンサを耐久性や計測精度の高さから、コンクリート構造物に生じるひずみやひび割れ幅の長期モニタリングに利用しようとする試みが増加している。光ファイバセンサ自体の測定精度についてはメーカーで保障されているものの、その精度は、センサの取り付け方法や測定対象物の材料の種類によって異なると考えられている。したがって、取り付け方法等含めたセンサ精度の確認方法が必要となる。本研究では、コンクリート表面に光ファイバセンサを取り付けた場合のひび割れ幅測定精度確認方法を提案するものであり、その試験方法の妥当性を解析および実験で検証した。

## 2. ひび割れ幅の計測方法

ひび割れの誘発はコンクリート供試体を上下に引っ張ることによって生じさせ、供試体に発生したひび割れ幅を、供試体表面に固定金具で取り付けられた光ファイバの2点間変位で、また検証用としてパイ型ゲージで評価する。なお計測精度の検証は、両者の計測結果を比較することにより行うものとする。

## 3. 3次元 FEM 解析

## 3-1 目的

ひび割れ幅精度確認試験では、センサ間に1本ひび割れを誘発させる必要がある。これは、センサ間に2本以上のひび割れが生じてしまうと計測精度の検証ができなくなるためである。そこで、事前に3次元 FEM 解析を行い、ひび割れを誘発させる位置以外にひび割れを生じさせるような引張応力が生じないかを確認することにした。

## 3-2 解析方法

解析は、3次元 FEM 汎用解析ソフト「SOFiStiK」を用いて行った。図1に解析した供試体概要を示す。供試体中央にはひび割れを誘発させるための切り欠きを、またコンクリートに引張力を生じさせるための PC 鋼棒（直径 19mm）を配置した。

図2に切り欠き部の初期ひび割れ発生後に生じるコンクリート表面応力の最大値の推移を示す。これより、コンクリートの引張強度を超えるような引張応力は、鋼材の引張荷重が 70kN 付近であることが分かった。したがって、ひび割れ幅の測定は 70kN 付近まで行なえると考えられる。なお、コンクリートの引張強度は圧縮強度の 10%と仮定した。

PC鋼棒：φ19（切欠き部φ9）

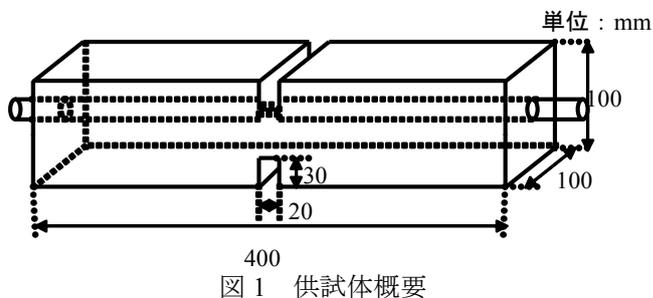


図1 供試体概要

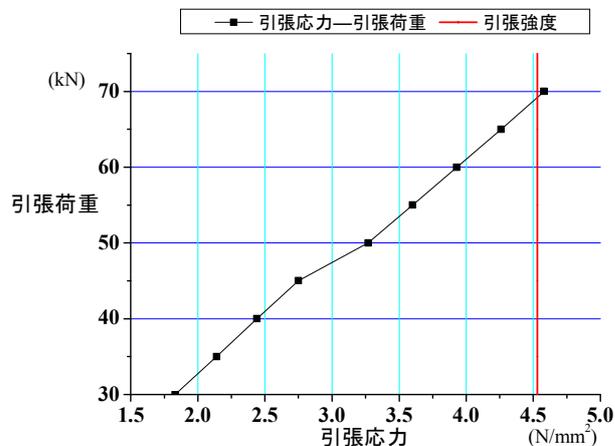


図2 応力—荷重

## 4. 実験

## 4-1 引張試験の概要

図3に PC 鋼棒の概要を示す。供試体は PC 鋼棒とコンクリートの付着を確保するため2種類作製した。供試体 A には中央に全ネジの PC 鋼棒にナットを取り付けたものを、供試体 B には全ネジでナットなしの PC 鋼棒を配置した。なお、PC 鋼棒にはひずみゲージを取り付ける。また、切り欠き部に引張応力を集中させるためにさらに切り欠き部の PC 鋼棒の直径を 9.445mm に

キーワード 光ファイバ、引張試験、FEM 解析、ひび割れ幅、標準試験

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-3358-6620 E-mail : h04013@sic.shibaura-it.ac.jp

加工した。なお加工した PC 鋼棒の直径は、解析により 70kN まで引張荷重を載荷させることができることが分かっているため、約 70kN で降伏するように決定した。

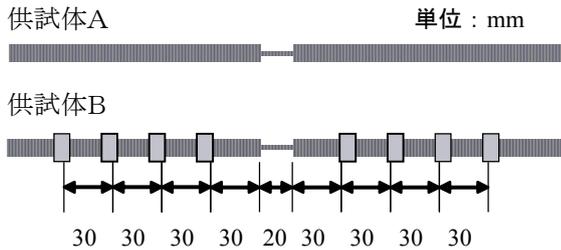
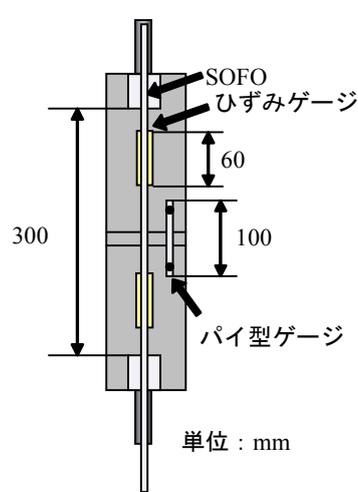


図3 PC 鋼棒の概要

図4にセンサの取り付け位置を示すが、供試体中央の両側面に2本固定金具を用いて設置した。パイ型ゲージは光ファイバに隣接して両側面に取り付けるが、



供試体中央に取り付けられないため千鳥に設置することにした。また、ひずみゲージを PC 鋼棒位置に貼り付けてコンクリートの表面応力を計測した。なお本研究では、光ファイバに SOFO<sup>※1</sup>を使用した。

図4 センサ取り付け位置

※1 Surveillance d'Ouvrages par Fiber Optiques の略

4-2 引張試験機

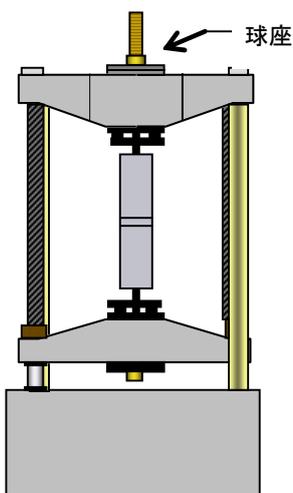


図5 引張試験機と試験体

図5に今回使用した荷重制御引張試験機を示すが、引張軸の偏心を排除するため PC 鋼棒の上部は球座の治具を用いて固定した。各センサの計測は、切り欠き部のひび割れ発生を確認した後一旦徐荷し、その後引張荷重を載荷させながら、各引張荷重段階で行った。

4-3 実験結果

図6および図7に供試体Aおよび供試体Bのひび割れ幅計測結果をそれぞれ示す。図より、各試験体とも

SOFOセンサで計測した2点間変位とパイ型ゲージで評価されたひび割れ幅はほぼ一致した。このことより、SOFOセンサによってコンクリート表面に生じるひび割れ幅を精度よくモニタリングできることが分かった。なお、コンクリート表面に生じた引張ひずみは最大で約 60 $\mu$ であり、切り欠き部以外にひび割れの発生は認められなかった。

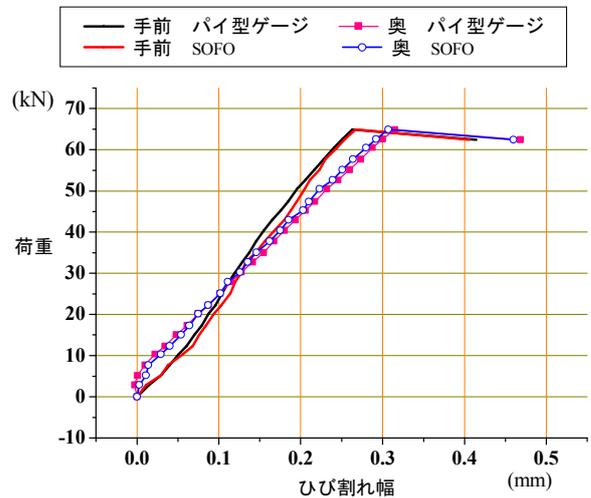


図6 供試体A SOFOとパイ型ゲージのひび割れ幅

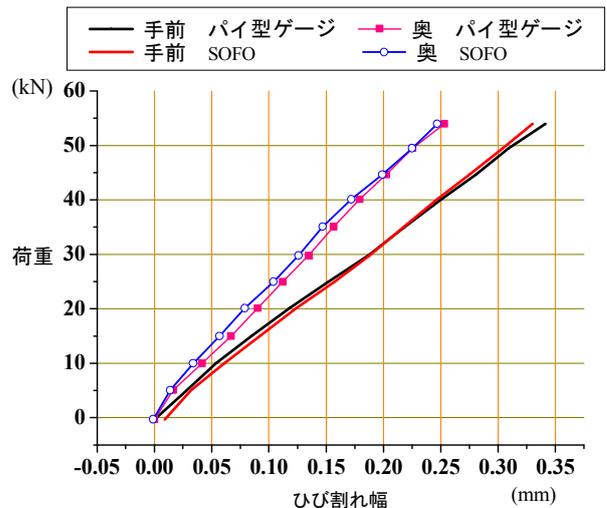


図7 供試体B SOFOとパイ型ゲージのひび割れ幅

5. まとめ

実験結果より、本研究で提案したひび割れ幅測定方法が、光ファイバのひび割れ幅測定精度の確認方法の基礎となることが明らかとなった。また、解析を行なうことで、実験の結果を事前に想定できることも明らかとなった。今回は供試体本数を1本ずつとしたので、より正確なデータを出すには、一定の数以上の供試体を試験し平均値を出す必要があると考えられる。

□謝辞 本研究は石川島検査計測株式会社との共同研究であり、ご指導頂いた河野豊氏、西沢隆夫氏をはじめ、勝木太教授、魚本健人教授、勝木研究室、魚本研究室の皆様へ深く感謝いたします。