コンクリート内に埋め込んだ光ファイバセンサによるコンクリートひずみ計測

鹿島建設(株) 正会員 ○泉 宙希 松田有加 平 陽兵 一宮利通 新井崇裕 今井道男 川端淳一

1. はじめに

光ファイバを用いた分布型計測は、光ファイバに沿った位置のひずみを連続的に計測できるため、広範囲の ひずみを比較的容易に得ることができる.よって、コンクリート構造物において、ひび割れの発生位置を事前 に予測できない場合、光ファイバセンサを事前に配置しておくことで、その範囲におけるひび割れの発生を位 置とともに検知することが可能となる.これまで、筆者らは分布型光ファイバセンサをコンクリート表面に貼 り付けて長期的なひび割れのモニタリングが行っている¹⁾.一方、コンクリート内部に光ファイバセンサを設 置した場合には、コンクリートの硬化後からのひずみ変化を長期にわたって計測することが可能となる.本稿 では、コンクリート内部に設置した光ファイバセンサにより、ひび割れの検知および発生位置の特定が可能で あるか、またその時に計測されるひずみ値を把握することを目的に、両引き試験の結果について述べる.

2. 試験概要

本検討で作製した試験体の概要を図-1 に示す. 試験体は断面 150mm×150mm, 長さ 2,000mm のコンクリートの中心に φ 32mm の異形 PC 鋼棒を配置したものとした. 試験は両端から突出させた PC 鋼棒に引張力を導入する両引き試験としたことで, PC 鋼棒とコンクリートの付着によってコンクリート部分に引張応力を発生させる. なお, 試験体に曲げ応力が作用しないように, 試験体は鉛直で行った. 実験状況を写真-1 に示す.

本検討では図-1に示すようにコンクリート内部に光ファイバを内蔵 した被覆材の異なる3種類のケーブルを埋設した.使用したケーブルは 全て市販品であり、断面寸法は、ケーブルAは4.3×1.7mmと扁平なも の、ケーブルBおよびCはそれぞれ直径が7.2mmと5mmを有するもの とした.試験の際には各光ファイバセンサを計測機に接続後、周波数シ フトを計測しひずみを算出した.併せて、試験体表面に200mm間隔で 貼ったひずみゲージでひずみを計測し、光ファイバで計測したひずみと の比較を行った.コンクリートの試験実施時の割裂引張強度は 3.33N/mm²であった.

3. 計測方法

本試験では、後方散乱光であるレイリー散乱光とブリルアン散乱光を 用いた2種類の分布型計測方法を採用した²⁾. それぞれの計測方法で計 測間隔 1cm,空間分解能 2cm で計測を実施した.



写真-1 実験状況



キーワート: 光ファイハセンサ, いすみ計測, いい割れ検知, レイリー散乱光, フリルアン散乱光 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木構造グループ TEL042-489-6720

4. 計測結果

レイリー,ブリルアンの各計測における試験体全長のひ ずみ分布の代表値としてケーブル A の場合を図-2 およ び図-3に示す. 目視によりひび割れを確認した 50kN ま での結果を、荷重ステップごとに色を変えて示す.また同 グラフ上に、ひずみゲージの計測結果をプロットした.図 -2に示すようにレイリー計測では、ひび割れ発生までの 40kN までに着目すると、試験体両端の PC 鋼棒からコン クリートへ徐々に応力が伝わりひずみが増加している現 象と、そのほかの範囲では、ひずみが一定で荷重とともに ひずみが増加する現象を計測できた.また、ひずみゲージ の値ともほぼ同じであった.一方,図-3に示すようにブ リルアン計測では、データのばらつきが±数 10 μ と大き く、ひずみの増加を判断するのは困難であった. 50kN 時 では、試験体の中央である 1000mm の位置でひび割れが 発生したが,両計測法ともその位置でひずみが局部的に変 化をしており,ひび割れ発生の瞬間と位置の特定は可能で あると考えられる.

今回の試験範囲では、50kN 以降はひずみの増分が大き かったため、レイリーでは局所的なひずみの増加を計測で きなかった.そのため、ひび割れ発生後の 200kN 時のブ リルアン計測におけるひずみ分布とその時のひび割れ図 を併せて図-4に示す.ケーブルの違いに着目すると、複 数本発生したひび割れに対して、ケーブル A はひび割れ 位置における局所的なひずみの増加を計測できた.一方、 ケーブル B と C では、ひび割れ位置での局所的な増加で はなく、試験体全長にわたる平均的なひずみとなった.こ れは使用するケーブルごとのコンクリートとの付着特性 によるものと考えられる.このことから、ひび割れが多数 発生する場合で、ひび割れ位置を特定するためには計測方 法とケーブルの選定も重要であると考えられる.



図-4 ひずみ分布(ブリルアン計測)

5. まとめ

コンクリートのひび割れの検知および発生位置の特定を目的として,光ファイバセンサを埋設した試験体を 用いて両引き試験を行った.その結果,コンクリート内部のひずみを計測できるだけでなく,ひずみ分布から ひび割れの発生位置を計測できた.ただし,ひび割れ後のひずみデータについては,使用するケーブルの種類 によって違いが見られたため,ひび割れ位置を特定するためには計測方法とケーブルの選定も重要であると考 えられる.

参考文献

- 今井道男ほか: 光ファイバセンサによる 10 年間の PC 橋梁ひび割れモニタリング, 土木学会論文集 A1 (構造・ 地震工学), Vol.75, No.1, 17-25, 2019
- 2) 岸田欣増ほか: SMF におけるひずみと温度が識別できるハイブリッド分布測定システムの開発,電子情報通信 学会技術研究報告信学技報,112(403),37-42,2013