

光ファイバによる温度およびひずみ計測の遠隔リアルタイムモニタリング

鹿島建設(株) 正会員 小林 聖 水野 健 ○沢 一馬 中嶋翔平 藤岡彩永佳

1. はじめに

土木構造物はマスコンクリートが多く、耐久性の観点からひび割れの防止・抑制が重要である。構造物の施工に際しては、このひび割れを防止・抑制するために、事前に温度応力解析を行い、必要に応じて様々な対策を講じている。しかし、実際の施工条件は事前解析の前提条件とは異なることもあり、ひび割れが発生してしまう場合もある。発生したひび割れの検証のために、予め躯体内部に設置された温度計やひずみ計による計測データを入力値として事後の解析を実施することがある。しかし、それらの計測データは躯体内部の「点」のデータであり、そのデータのみで解析結果をフィッティングさせたとしても、材料としてのコンクリートのばらつきや予測しがたい外気温の推移の影響がある中で、マスコンクリート部材全体を精度よく解析できているとは言い難い。そこで、光ファイバを用いた温度およびひずみ計測技術の適用を検討した。使用した光ファイバを写真-1に示す。光ファイバはケーブルそのものがセンサであり、最速 5 秒毎に最小 20mm ピッチで「線状」に計測することができる性能を持っている。コンクリート中に敷設すれば、低コストかつ容易に、ばらつきも含めた躯体全体の状態をリアルタイムでモニタリングすることが可能となる。さらに、計測結果を事後の温度応力解析の入力値とすることで解析の精度を高めることができるとともに、その結果を次の施工にフィードバックすることでひび割れ抑制対策の確度を高めることができる。

ここでは、躯体全体の状態をリアルタイムモニタリングできることを確認するために、コンクリート部材内部に光ファイバを設置し、部材全域で温度とひずみの計測を実施した。さらに、その計測値のリアルタイムモニタリングを試行した。本稿ではその結果について報告する。

2. 実験概要

部材の概要を図-1に示す。部材は幅 800mm、高さ 900mm、長さ 3600mm の梁状の鉄筋コンクリート部材である。計測器の設置状況を図-1 および写真-2に示す。光ファイバは上から 2 段目（高さ 600mm）の位置に配筋されている D16 の配力筋に、300mm ピッチで鉄バインド線により間欠固定した。光ファイバは部材の全長にわたり温度とひずみが計測できるように、端部の型枠に孔を開けて貫通させた。比較用として、熱電対およびコンクリ-

キーワード： 光ファイバ、温度、ひずみ、リアルタイム、モニタリング

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 1-27 鹿島建設(株)東北支店 TEL 022-261-7111

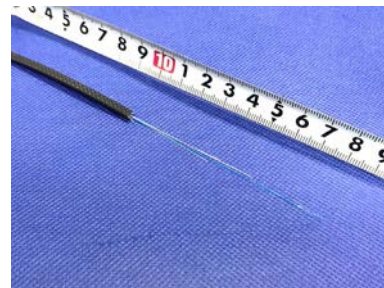


写真-1 光ファイバ

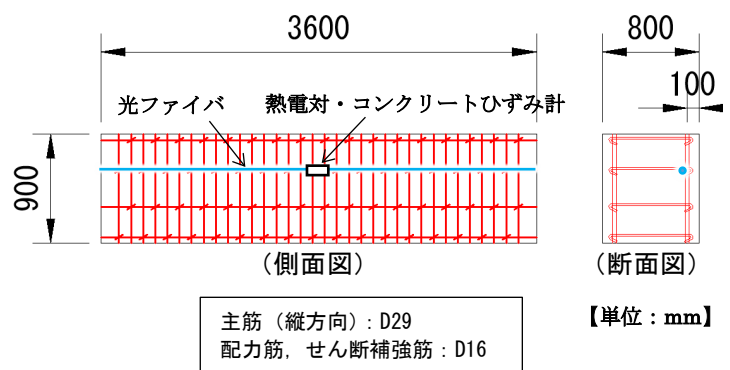


図-1 部材の概要

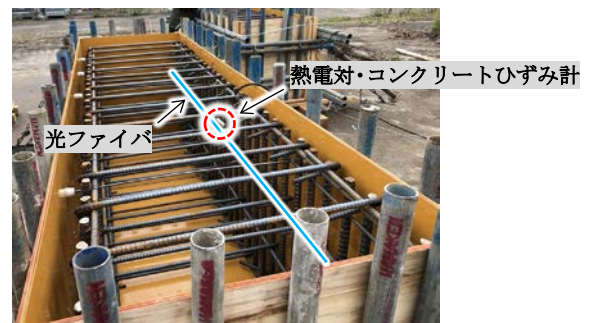


写真-2 計測器の設置状況

トひずみ計を長手方向の中心の光ファイバと同じ高さに設置した。コンクリートは 30 15 20N（セメント：普通ポルトランドセメント，水セメント比：58.3%，単位水量：175kg/m³）とし，近隣の生コンクリート工場より搬入し，コンクリートポンプのブームを用いて部材の中心に打ち込み，締め固めた。光ファイバ計測は 6 分ピッチで行い，その計測結果をリアルタイムでモニタリングした。

3. 実験結果

コンクリート打ち込み直後からの光ファイバによる計測結果について，温度の計測結果を図-2 に，ひずみの計測結果を図-3 に示す。ここでは長手方向の中心位置における計測結果を抽出しており，図中には比較用の熱電対とひずみ計のデータも併記している。光ファイバと各種計測機器の結果に乖離は無いことが確認でき，光ファイバの計測精度が従来計測機器と同等であることが確認された。さらに温度とひずみの部材長手方向の温度の分布計測結果を図-4 に，ひずみの分布計測結果を図-5 に示す。ここでは打ち込み完了後 20 時間での計測結果を示す。部材中心部分ではセメントの水和熱により温度が高く，一方で部材の両端では放熱が卓越するため温度が低くなった。また，ひずみも部材中心部分で大きく，一方で部材の両端で 0 となった。このように部材長手方向の温度およびひずみの分布は発熱と放熱を伴った想定どおりの結果となっており，光ファイバによって線状に連続的に計測できることが示された。

リアルタイムモニタリング状況を写真-3 に示す。現場から離れた事務所でモニタリングを行っている状況であり，遠隔地であってもリアルタイムモニタリングが可能であることが確認できた。

4. まとめ

コンクリートに温度ひび割れを発生させないためには，コンクリート中の温度をコントロールし，温度ひび割れが発生しない応力（ひずみ）状態に維持することが重要である。例えば，パイプクリーニングと光ファイバによる計測技術を組み合わせることで，部材全体の温度とひずみの状態をリアルタイムでモニタリングしながら躯体全体を理想的な温度にコントロールできると考える。今後は，このようなアクティブな制御方法と組み合わせることで温度ひび割れを抑制できる技術を確立したいと考える。

参考文献

1) 反町ら：光ファイバを用いたコンクリートの温度ひび割れの検知，土木学会第 76 回年次学術講演会講演概要集，CS9-42，2021。

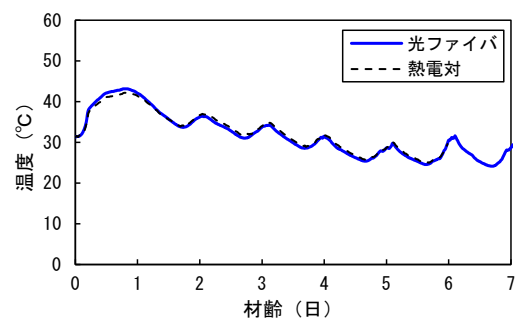


図-2 コンクリート温度の計測結果（中心）

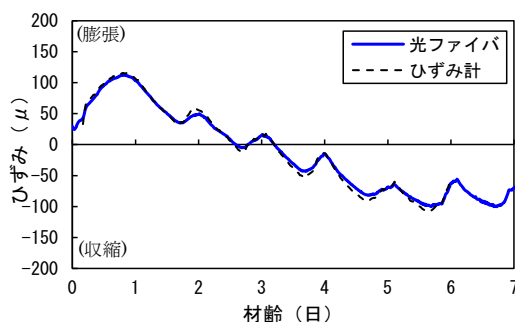


図-3 コンクリートひずみの計測結果（中心）

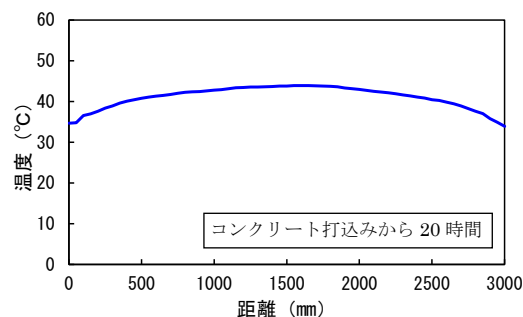


図-4 コンクリート温度分布の計測結果

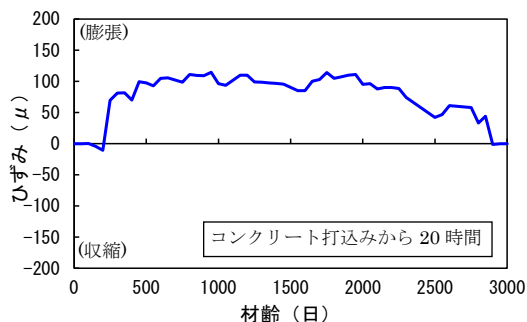


図-5 コンクリートひずみ分布の計測結果



写真-3 リアルタイムモニタリング状況