

VI-60

光ファイバーを用いた分布型温度センサーのRC構造物への適用例

鯖大林組土木技術部 正会員 原田 暁 正会員○山下祐嗣
日本鉱業鯖光関連事業推進部 山田 豊 工藤 修

1. はじめに

土木現場において、調査、施工および維持管理などのために温度計測が行なわれている。現在、実施されている温度計測には、①温度変化を熱起電力の変化として計測する熱電対、②温度変化を電気抵抗の変化として計測する抵抗変化素子（サミター等）、③物体の熱放射を検知する放射検知素子などがあり、計測の目的に応じて使い分けられている。

今回、従来にない測定原理に基づいた測定方法である光ファイバーを用いた分布型温度センサーを実構造物に埋め込み、温度測定を行ない、現在、最も多く用いられている熱電対（銅-コンスタンタン熱電対）の温度測定結果と比較を行なった。この光ファイバー分布型温度センサーは、1987年に開発された計測システムで、土木構造物への適用はない。本報告は、①光ファイバー分布型温度センサーの概要、②光ファイバー分布型温度センサーと熱電対の温度測定の比較結果について述べるものである。

2. 光ファイバー分布型温度センサーの原理と特徴

光ファイバー分布型温度センサーは、光ファイバーにパルスレーザ光を送出し、光ファイバー内部で発生する散乱光（後方散乱光）強度が温度によって変化することを利用して、光ファイバーに沿った温度分布を連続的に測定できる。その他、光ファイバー分布型温度センサーの特徴は①光ファイバーは、電磁誘導を受けないため、電氣的障害源のある場所にも設置できる。②光ファイバーに何らかの原因で損傷が生じた場合、直ちにそれらを認識し、損傷箇所を指示することができるなどである。

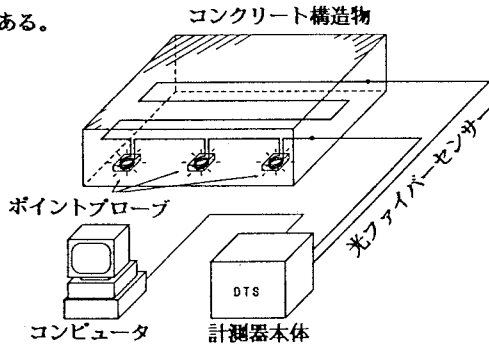


図-1 光ファイバー分布型温度センサー計測装置システム概念図

このように、光ファイバー分布型温度センサーは、一本の光ファイバーを介して、膨大な数の点の温度が容易に測定できる特徴を生かし、ダム等のマスコンクリートのように測定点の多い対象物に対して有効であると思われる。光ファイバー分布型温度センサーの計測システムの概念図を図

表-1 計測システムの仕様

表-1 計測システムの仕様
- 1. 計測システムの仕様を表-1に示す。

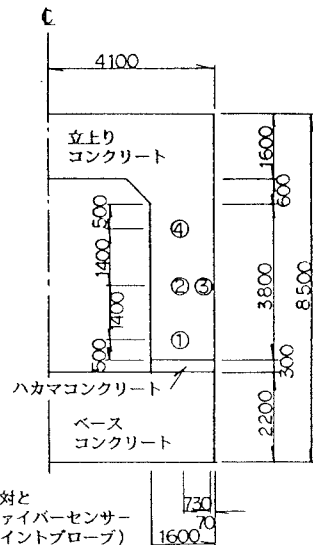
3. 構造物の概要

対象構造物は、ボックスカルバートの側壁で、ブロック長は15mである。構造断面を図-2に示す。

4. 計測の概要

光ファイバーセンサーは施工時等の振動や応力の影響を考慮して、ファイバーの被覆を二重とし被覆の間に緩衝材を入れた構造とした。なお、事前に光ファイバーについてコンク

項目	光ファイバー分布型温度センサー	銅-コンスタンタン熱電対
測定温度範囲	-5.0~12.5℃	-2.0~15.0℃
測定温度誤差	±1℃	±1℃
センサー最大延長距離	約2km	約200m
備考	ファイバー5m間隔の測定可能	定点計測には有効



○：熱電対と
光ファイバーセンサー
（ポイントプローブ）

図-2 構造断面図

リート打設時の影響調査を行ない、光ファイバー構造の耐力や防水性等の確認をした。なお、今回の計測では、光ファイバー2.0mを直径約4cmに巻いたポイントプローブを作製し、定点計測も行なった。ポイントプローブと熱電対は図-2に示すように同位置に設置した。また、計測断面は、ブロック端から3.5m離れた断面である。光ファイバー分布型温度センサーによる計測は、コンクリート打設後8日～13日の5日間と約6ヶ月後に行なった。熱電対による温度測定は自動計測で約1ヶ月間行なった。

5. 計測結果（コンクリート温度）

光ファイバーに沿った温度分布（打設後約6ヶ月）を図-3に示す。光ファイバーセンサーは、同一温度に対して $\pm 0.6^\circ\text{C}$ （熱電対は $\pm 0.4^\circ\text{C}$ ）のバラツキがあった。光ファイバーセンサーと熱電対の測定結果は図-4、図-5に示すように、ポイントプローブの測定値が4点とも、熱電対の測定値と比べてやや小さくなっている（温度差は $0\sim 2^\circ\text{C}$ の範囲）が、ほぼ一致している。現在、光ファイバー分布型温度センサーは、計測器内のキャリブレーションファイバーにより、自動的に温度校正を行っており、キャリブレーションファイバー自身の調整は計測装置本体製作時に行なっている。したがって現場における温度校正は不要であるが、高い温度精度を維持するためには、現場においてなんらかの温度校正が必要ではないかと考えられる。今回の光ファイバーセンサーと熱電対の測定値の差は、この点にも原因があるのではないと思われる。

6. まとめ

光ファイバー分布型温度センサーをマスコンクリートに適用した。その測定結果は熱電対の測定結果と比較しても、温度校正などの課題は

あるが、ほぼ一致しており、光ファイバー分布型温度センサーによる温度測定は熱電対と同程度の精度で実施できることが実証された。今後、①光ファイバーセンサーの耐久性及び精度の確認、②計測装置の小型化および操作の単純化などの問題について積極的に取り組んでいきたい。なお、光ファイバーを用いて温度ばかりでなく応力測定などの方法（光ファイバーセンサー1本で同時に幾つかの物性値を測定する。）についても実用化に向けて研究が行なわれており、今後、このような光ファイバーを用いたセンサーが実用化されることが望まれる。

<参考文献>

- 1) A.J.Rodgers, J.Phys. D:appl.phys.19,1986 2) A.H.hartog, J.lightwave Technol.LT-1,1983

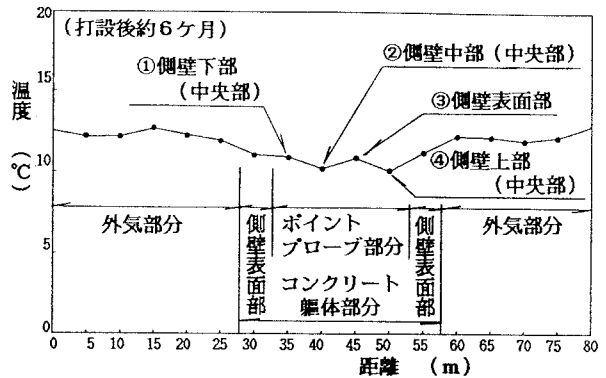


図-3 光ファイバーに沿った温度分布図

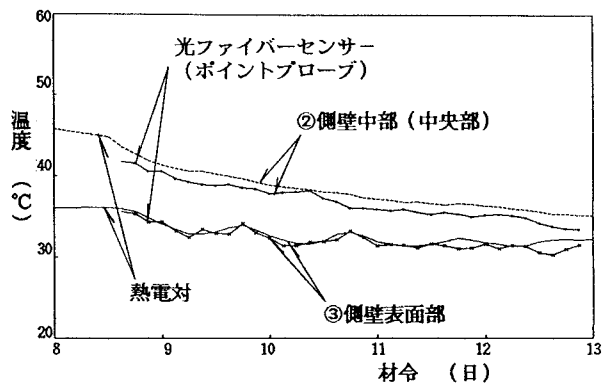


図-4 温度経時変化（壁厚方向）

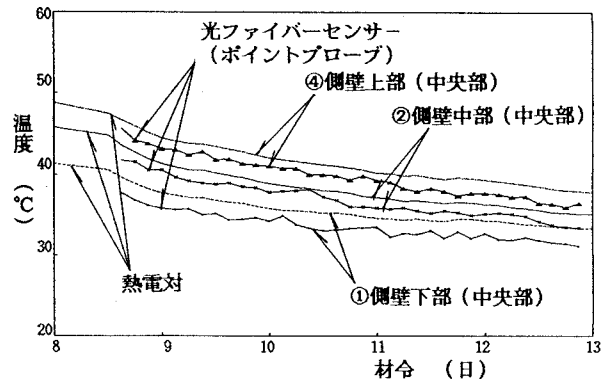


図-5 温度経時変化（側壁断面鉛直方向）