

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

鹿島建設(株) 正会員 ○反町敏宏 柳澤長武 浅子将行 種子永栄輝
山野泰明 水野 健 小林 聖 取違 剛 坂井吾郎

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性はひび割れの有無に大きく左右されるため、施工者はコンクリート構造物の構築時にひび割れを制御することが重要となる。施工時に発生するひび割れのうち最も一般的な温度ひび割れに対し、ひび割れに至るまでのコンクリートの挙動を捉えることができれば、ひび割れが顕在化する前に対処することが可能となり、ひび割れを制御できる可能性がある。これまでに、光ファイバを用いてコンクリートが硬化した後の外力によるひずみの計測やひび割れの検知を行った事例¹⁾は報告されているが、硬化中のひずみの計測や温度応力によるひび割れを検知した事例はない。本稿ではひずみ分布を計測できる光ファイバを用いて、実構造物を対象に硬化中のコンクリートに生じるひずみの計測および温度応力によるひび割れ検知を試みた結果について報告する。

2. 試験概要

図-1 に示す外径 18m、壁厚 1.5m の構造目地のない円形ケーソンにおいて、試験対象は前リフトが打設されて1ヵ月程経過したリフト（高さ 5.3m）とした。表-1 にコンクリートの配合（24 12 20H）を示す。本リフトは事前の温度応力解析によりひび割れ指数が 1.0 を下回ることが確認されており、ひび割れの発生を許容する代わりに配筋筋を増やすことでひび割れ幅を抑制することとした。計測対象箇所は前リフトの拘束によって円周直交方向の温度ひび割れが懸念されたため、温度およびひずみ計測用の光ファイバをそれぞれ円周方向に、断面の中心付近と内側のかぶりの2側線に設置した。本検討では、高精度でひずみの計測が可能なレイリー散乱光を用いてひずみを算出した。なお、ひずみ計測用の光ファイバの計測結果は温度による影響も含んでいるため、温度計測用の光ファイバにより温度を算出し、ひずみ計測用の光ファイバの計測結果からその温度の影響を除去してひずみを算出した。光ファイバ計測の空間分解能は 50mm、計測間隔は 20 分とした。また、比較として温度計（熱電対）と埋込みひずみ計を断面中心に設置した。10月上旬に打込み後、材齢 5 日で型枠を取り外してビニールシートによる封緘養生を行った。

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C*	S	G	AE 減水剤
54.5	12.0	4.5	170	312	859	946	4.37

※早強ポルトランドセメント

3. 試験結果および考察

温度計による計測結果と同一箇所における光ファイバの温度の計測結果を図-2 に示す。温度は材齢 1 日でピークに達し、材齢 11 日程度で 20°C まで低下した後、外気温の低下に伴って緩やかな勾配で低下した。光ファイバと温度計は同様の値であり、傾向を良く捉えていることが確認された。また、同一箇所におけるひずみ計と光ファイバによるひずみの計測結果を図-3 に示す。なお、両者ともコンクリートの終結時間を初期値として比較した。コンクリートは材齢 1 日まで 100 μ 程度膨張し、その後は温度の低下に伴って収縮した。光ファイバの値はひずみ計と同様の傾向を示しているが、材齢 11 日でひずみ計と 50 μ 程度圧縮側に差が開いた。これ

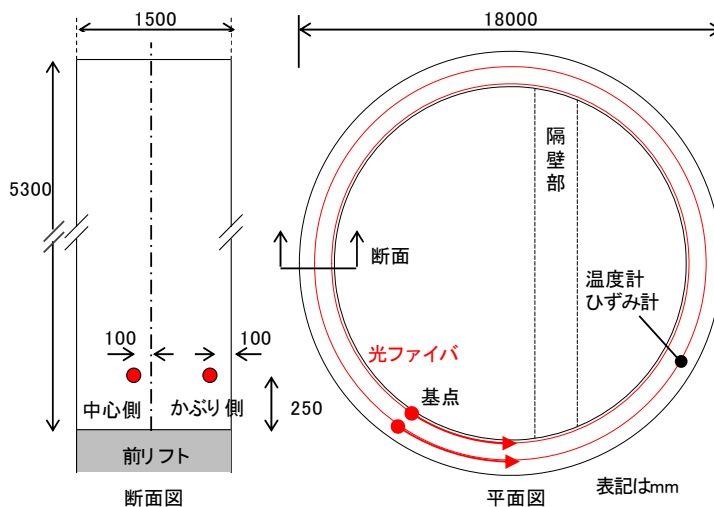


図-1 ケーソンの概要と計測器設置位置

キーワード： 光ファイバ、ひずみ計測、ひび割れ、レイリー散乱光

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 TEL 042-489-8023

は、着目地点から約 400mm 離れた位置でひび割れが発生しており、光ファイバはそのひび割れによるひずみの変化を捉えているものと考えられる。図-4 に断面中心とかぶりのひずみの分布の経時的な変化を示す。横軸は図-1 における基点からの距離とし、半周分を表示した。前述のとおり、材齢 1 日まではコンクリートが膨張するため、コンクリート中の光ファイバには引張が生じる。その後コンクリートが収縮傾向になり、光ファイバには圧縮が生じている。材齢 5 日から断面中心およびかぶり側の光ファイバにおいて引張側のピークが所々に出現し始め、これはひび割れによるものと考えられる。材齢 14 日以降は新たなひずみのピークの出現は確認されず、ひび割れの発生が落ち着いたと考えられる。引張ひずみのピーク位置は断面中心とかぶり側ともに同じであり、ひび割れが部材を貫通していることが分かる。なお、躯体表面を対象とした目視によるひび割れ調査により、ひび割れ発生位置と光ファイバにて得られた引張ひずみのピーク位置が合致している。事前の温度応力解析では材齢 7 日からひび割れ指数 1.00 を下回る結果となっており、今回の計測結果は解析の結果と整合性も取れていた。以上より、ひずみ計はある点のデータであるためひび割れの位置がひずみ計から離れていると検知できないのに対し、光ファイバは連続的に全周囲のひずみを計測できるため、全周囲においてひび割れを検知できるものと考えられる。

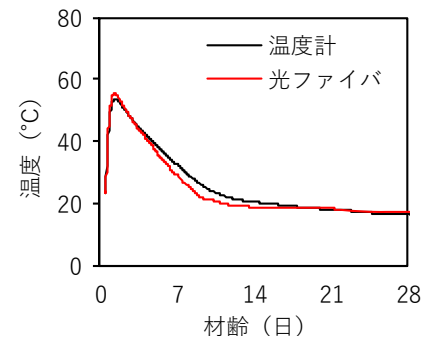


図-2 光ファイバと温度計

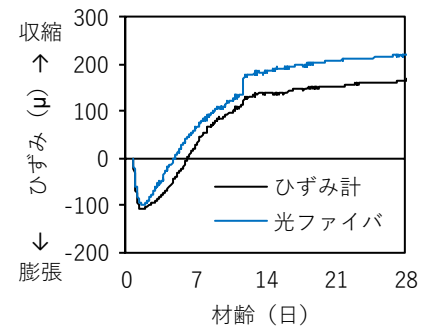


図-3 光ファイバとひずみ計

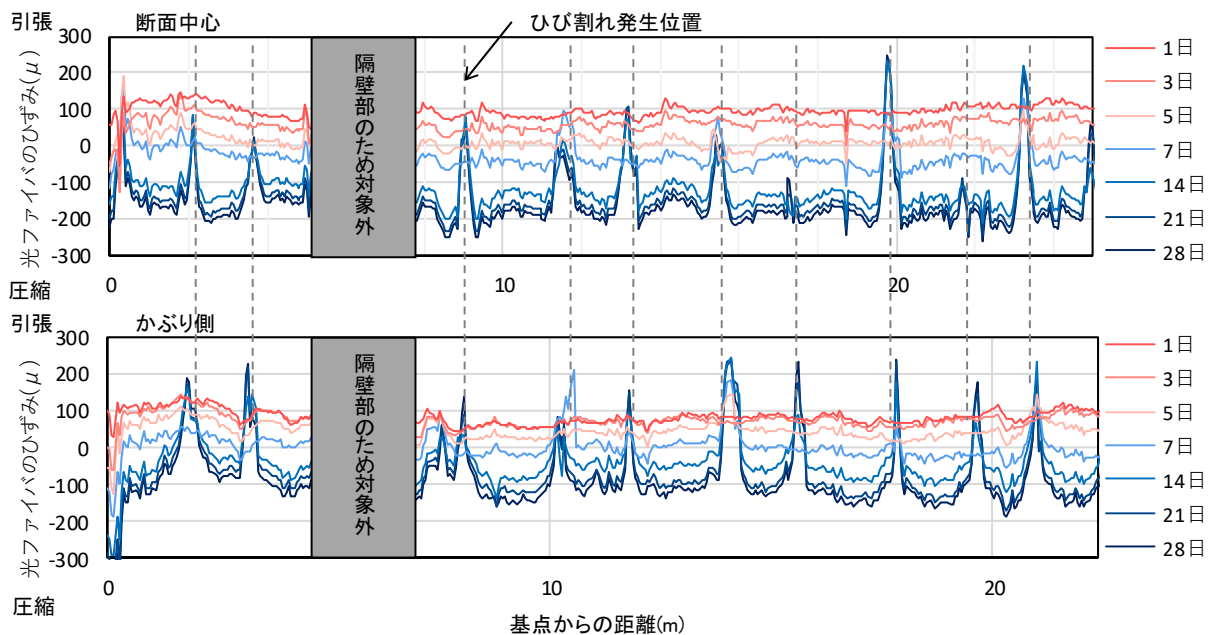


図-4 断面中心とかぶり側のひずみ分布

4. おわりに

本研究により、ひび割れが発生する箇所においてはひずみが徐々に大きくなることが確認された。つまり、ひずみの変化をモニタリングすることで、ひび割れが目に見える形で顕在化する前に発生の予兆とその発生箇所を高精度に捉えることができると考える。今後、適用現場を増やしてデータを蓄積することで、ひび割れ検知技術と温度応力解析の精度向上に繋がると考える。また、事前にパイプ等を設置することでひび割れの予兆が確認できた時点で適切な温度管理を行うことでひび割れを抑制できるような技術も確立していきたいと考える。

参考文献

- 1) 泉宙希ほか; 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のひずみ計測, 土木学会第 75 回年次学術講演会, CS9-52, 2020