

プラスチック製光ファイバを用いたコンクリート凝結時間の検出に関する検討

高木 雄介*

Yusuke Takagi

1. はじめに

柔軟性のあるプラスチック製の2線式光ファイバを用いたセンシング技術は、光の反射・透過光の特性のみを測定することで、既存の同種技術よりも安価にセンサ部周辺での変状を測定することが可能である。当社は、芥川教授（神戸大）の指導の下、本技術をコンクリート工事の施工管理に役立てる方法を検討する中で、コンクリートの凝結特性の検出に着目した実験を実施した。本報では、実験で得られた結果について報告する。

2. 装置の概要

図-1に測定概念図を示す。センサには2本1組のプラスチック製光ファイバを使用し、測定器より送られる光を、45度にカットしたファイバA先端から検査面での反射・透過の影響を経た後、同じく45度にカットしたファイバBにより検出し、測定器にて光の解析を行うことで、先端部の変状を認識する技術である（写真-1）。本装置は、光の強度や明度、彩度等を計測可能であるが、ここでは光強度に着目して1秒ごとに計測を行った。また、周辺物質の光の屈折率が変化するあらゆる現象（例えば、別の物質に置き換わる、周辺物質の温度が変化する、周辺物質の状態、特に液体か固体かの区別、水の場合には凍結・融解）が計測対象になり得るが、本研究ではコンクリートを対象に、凝結の検出に着目した。

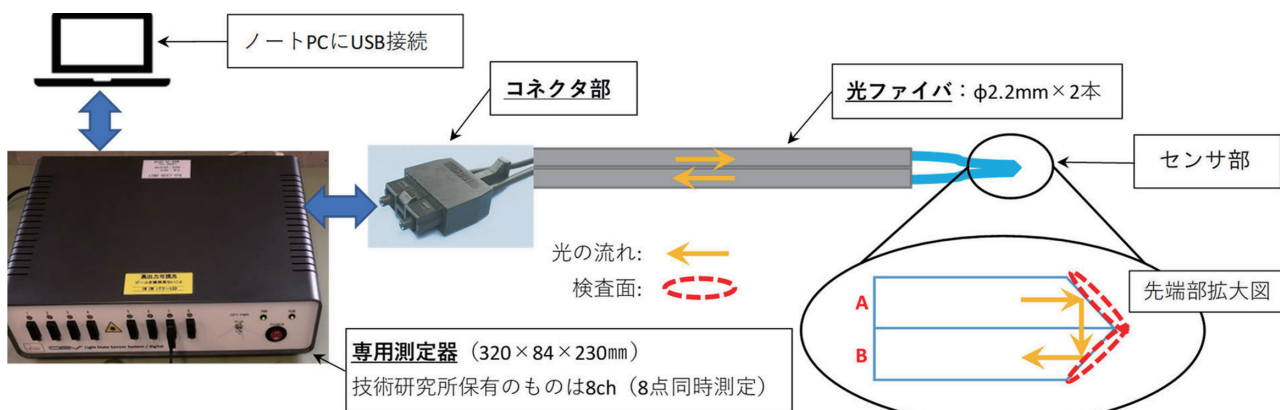


図-1 試験装置概要図

3. 本技術によるコンクリート品質変化の検出例

図-2は、フレッシュコンクリート中に埋設したプラスチック製光ファイバセンサ（以下、光センサ）による光強度の測定結果の例である。センサ部にコンクリートが接触すると光強度が大きく低下し、明度や彩度のデータ変化と組み合わせて、充填の検知を判定することができる。充填を確認した数時間後にデータの上昇が検知されており、これがコンクリートの凝結によるものと考え、実験による検証を行った。

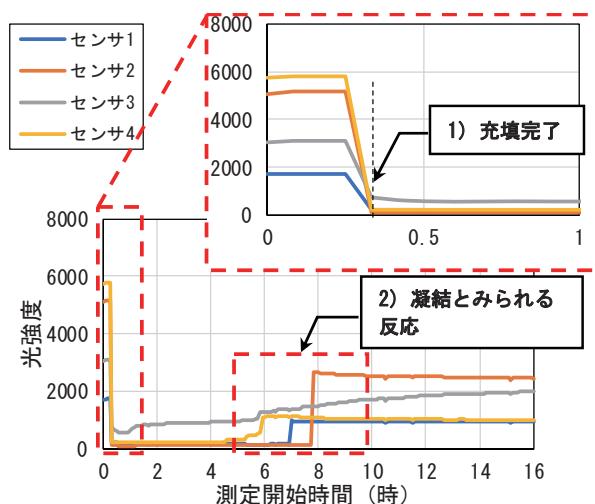


図-2 コンクリートの光センサ反応図

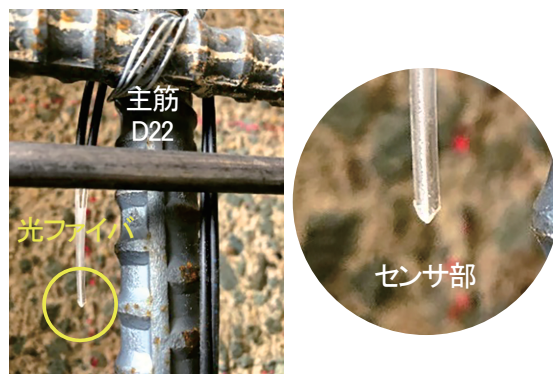


写真-1 センサの取付例

* 技術研究所土木技術グループ

4. 光センサを用いた凝結試験

混和剤（遅延剤）を用いて凝結時間を調節したコンクリートの20℃環境での凝結試験（JIS A 1147）と、光センサによる測定を同時に行い、凝結特性と光センサによる光強度のデータを比較した。図-3は光強度の時系列結果で、図中のNo.1～4は数値が大きいほど遅延剤の添加量が多く凝結遅延が顕著な配合で、矢印は凝結始発と判定した時間を表す。同図より、遅延剤の添加量を増加させたNo.の大きい配合ほど、図-2で示した凝結とみられる反応が遅れていることが確認できた。

次に、図-4に凝結試験で得られた凝結始発・終結の結果と図-3での光センサの反応タイミングとの関係を示す。凝結特性と光センサの反応との間には高い線形相関性を確認でき、光センサの反応から凝結を予測することが可能であると推定される。

5. 反応メカニズム

図-5に光センサの反応メカニズムの模式図を示す。大気中に存在するセンサは端面での光の反射によって多くの光が検知側のファイバに流入する。一方で、コンクリートを充填した際は、屈折率の変化によってファイバとの界面において、射出光がコンクリート側に透過し、検知側の光が著しく低下する。さらに、コンクリートの凝結が発生する段階においては、セメントペースト分とファイバの界面に空隙が生じ、充填時よりも大気中に近い状態となり、検知側の光が増加するため、このようなセンサの反応となると考えた。

また、写真-2にはコンクリートの硬化後のファイバ先端におけるX線CT画像を示す。図中の黒い空間が空隙であり、濃いグレーは光ファイバ、薄いグレーはモルタル部を示す。図-5の右図のように、ファイバ先端に空隙を確認することができた。凝結を測定する場合は図のように検査面を下にすると空隙が生じやすく、ファイバの反応が良くなるが、ブリーディングが大きな配合においては、ファイバの反応が遅れる傾向にある。図-4に示した凝結試験と光センサの変化点が、完全に一致しないのは主にこれらが原因と考えられ、ブリーディング率との相関性も確認されている。

6. まとめ

本研究では、プラスチック製の2線式光ファイバを利用して、センサ部がコンクリートに接触した際の光の反射・屈折の変化を測定した。その結果、コンクリートの充填を検知しつつ、同じセンサを用いて凝結を把握できる可能性があることがわかった。特に、凝結の判定においては、光センサで得られた値を係数補正することで、凝結の推定精度を高められると考える。

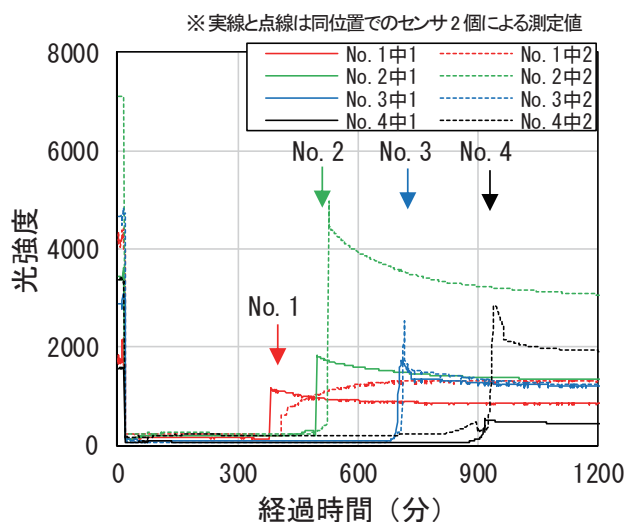


図-3 各配合と光センサの反応の差

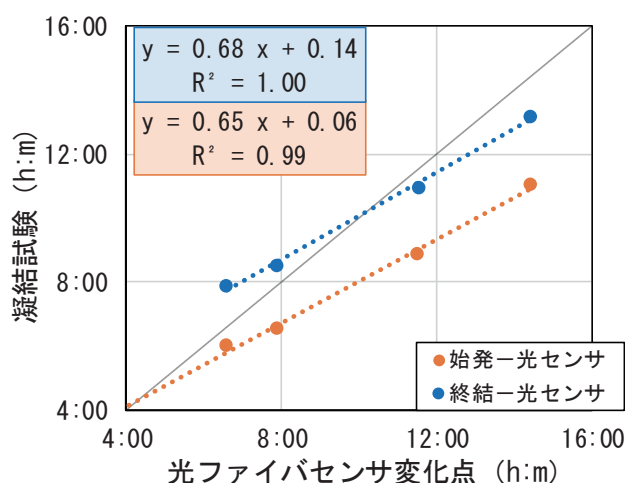


図-4 凝結試験と光センサの関係

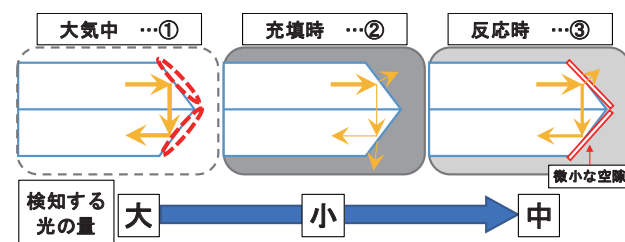


図-5 反応メカニズムの模式図

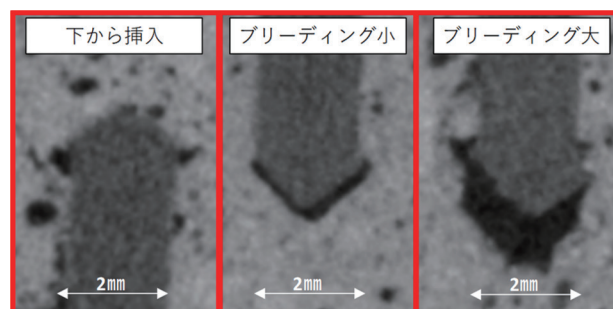


写真-2 X線CTによる測定画像