コンクリート構造物のひび割れを検知する FRP 製センサの開発と実構造物への適用事例

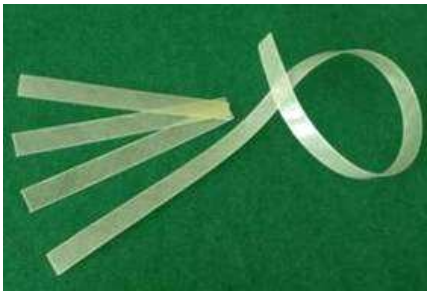
倉敷紡績(株)　正会員　○平石　陽一
岐阜大学　正会員　国枝　稔
中日本高速道路(株)　正会員　酒井　修平
川崎重工業(株)　正会員　小出　宜央

1.　はじめに

コンクリート構造物の合理的な維持管理を行う際には，動的外力や環境作用によるひび割れ幅の変動等を短期的あるいは長期的な視点で観察し，進行を把握することが重要である．しかしながら，一般的に広く実施されている目視による点検は，点検時のひび割れ幅を測定するものであり，重車両通過などによる一時的に大きな荷重が作用した際に生じる最大のひび割れ幅は，把握しにくいと考えられる．特に，PC 構造物においてはひび割れが開閉する可能性が高く，最大のひび割れ幅を把握しにくい．そこで，荷重載荷時の最大のひび割れ幅が履歴として残り，目視により簡易に確認できる FRP 製のひび割れセンサを開発し，PC や RC の複数の実構造物に適用した．本稿では，開発した FRP 製ひび割れセンサの概要と実構造物への適用事例を報告する．

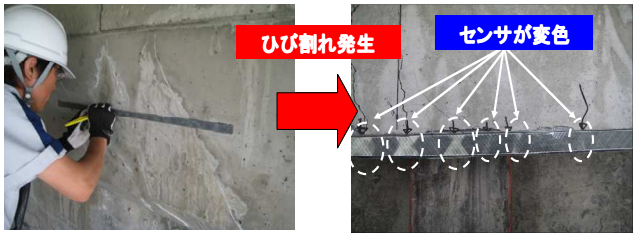
2.　開発したセンサの概要 [1)]

写真－1 に FRP 製センサを示す．センサは，繊維シートに樹脂を含浸させた板状であり，専用接着剤を用いてコンクリート表面に貼り付けて使用する．ひび割れが拡大すると，ひび割れ部を中心にひび割れの幅以上の数センチの範囲で白い変色が生じ，ひび割れの拡大した様子を際立たせる（**図－1**）．ひび割れの拡大を離れた場所からでも目視により観察することが可能となる．この変色は，ひび割れの拡大に伴いひび割れ近傍の FRP 内の繊維に引張力が加わり，それを包含する樹脂との間にずれや微細なひび割れが引き起こされ，光の透過性が変化することにより生じるものである．また変色は，ひび割れ幅が 0.2mm 拡大した時点で生じ，0.6mm まで変色面積が増大していく（**図－2**）．したがって，ひび割れ幅の拡大を追跡することも可能である．また，センサに生じる変色は不可逆であるため，ひび割れ閉塞後も最大開口幅を履歴として残すことができる特徴を有する（**図－3**）．

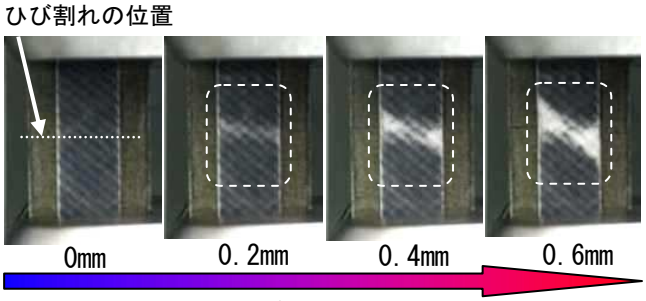


厚さ：0.5mm
幅：20mm
長さ:200～800mm

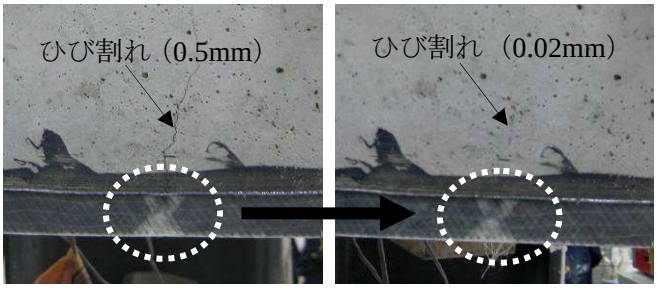
写真－1　センサ（FRP）



図－1　発生する変色



図－2　ひび割れの拡大に伴う変色の変



載荷中（ひび割れ拡大）　除荷後（ひび割れ閉塞）

図－3　ひび割れが拡大した履歴

3. 実構造物への適用事例

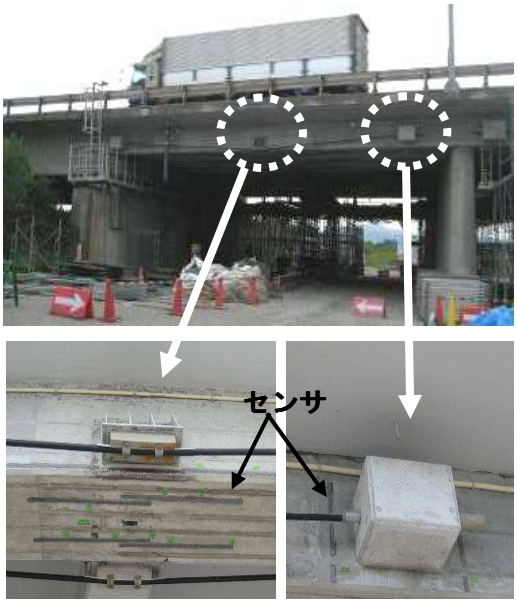
表－1 に主な適用事例と目的を示す．これまでに，橋梁（橋脚，桁，床板等），トンネル，ボックスカルバート，桟橋，および農業用水路等の約 40 か所の PC や RC 構造物へ適用されている．適用の目的は，構造物によって異なり維持管理での劣化ひび割れのモニタリングや新設工事における品質管理等に広く使用されている．ここでは，適用された事例を紹介する．

表－1　適用事例と目的

構造物			適用目的
構造	管理者	分類	
PC	高速道路会社	既設	構造ひび割れの観察
			補修･補強後の観察
RC	国，地方自治体等		構造ひび割れの観察
			ASR ひび割れの観察
	高速道路会社	新設	供用開始後の観察
			建設中の品質管理

（1）高速道路の桁への適用事例

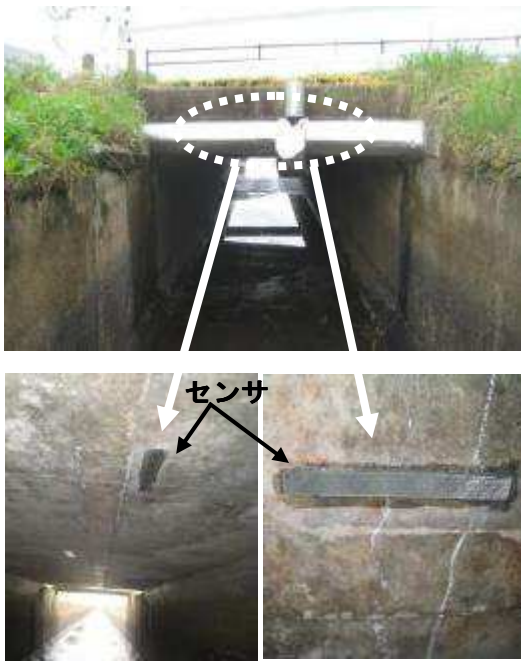
写真－2 にセンサの適用状況を示す．適用した構造物は，橋梁であり冬期の凍結防止剤の散布等による影響から鉄筋腐食が生じていたため，断面修復，電気防食，および外ケーブルを用いた補強が施されている．それらの補修・補強効果が維持されていることを確認するための一つの指標としてひび割れの開閉口が着目され，センサが適用された．適用部位は，桁支間中央の下面やウェブ，外ケーブル定着部周辺等である．なお，施工後のセンサは定期的にモニタリングされており，センサが明確に検出する 0.2mm 以上のひび割れの拡大は確認されていない．



写真－2　高速道路への適用事例

（2）農業用水路のボックスカルバートへの適用事例

写真－3 にセンサの適用状況を示す．適用した構造物は，農業用水路に設置されたボックスカルバートであり，上部を通行する車両の影響や経年劣化によりひび割れが発生していた．それらのひび割れの進展状況を把握し，適切な時期に適切な補修・補強が実施できるようモニタリングするために，センサが設置された．今回のセンサの施工では，常時水没しない箇所で日常的な点検が容易な箇所に設置された．今後は，日常的に点検が実施され，変状の有無が確認される予定である．



写真－3　農業用水路への適用事例

4. 最後に

本センサは，ひずみゲージのような高精度の測定が実施できるものではないが，コンクリート構造物の広範囲に適用することにより，ひび割れの拡大を伴う構造物の変状を察知するツールとして活用できる可能性がある．また，本センサは一度変色すると履歴として残ることから，地震時等の一時的に応力が作用した場合の緊急点検にも使用できる可能性がある．さらに，変色の有無を確認するだけであることから，専門技術者でなくても確認でき，写真撮影等と合わせて実施すれば，日常点検の補助ツールとしての使用も考えられる．本センサが，コンクリート構造物をはじめとした社会基盤のひび割れ管理に適用され，維持管理の効率化に貢献できれば幸いである．

参考文献

1) 平石陽一，酒井修平，西岡幹雄，国枝稔：PC 構造物のひび割れを検出する技術，プレストレストコンクリート，Vol.56，No.1，pp.43-50，2014