

i-Bridgeの取り組みによる維持管理の効率化

赤川珠美

道路部 道路工事課（〒460-8514 名古屋市中区三の丸2-5-1）

PC橋の計画的なメンテナンスを実施するためには、PC橋の劣化因子の浸入を早期に把握し、効率的な維持管理につなげていくことが重要である。劣化因子の1つとして、グラウトホースの周囲に肌隙が生じることで、そこに伝い水が発生し、漏水につながる事が判明している。現在は、グラウトホースの後処理方法が規定され、伝い水の浸入防止対策が施されている。しかし、グラウトホースの後処理の不具合で伝い水が発生する可能性もあることから、ICT技術を活用した水分センサーをグラウトホースに沿って設置し、伝い水を事前に検知することで、効率的な予防保全につなげていく。

キーワード：i-Bridge, PC橋, 維持管理の効率化

1. はじめに

我が国のインフラは急速に老朽化が進んでおり、維持管理・更新費用の増大が懸念されている。また、将来的な担い手不足より、予防保全等の計画的なメンテナンスによる費用の平準化・縮減、作業の省人化・効率化を図っていくことが求められており、新設構造物においても、予防保全等の計画的なメンテナンス、効率的な維持管理を図っていくことが求められている。

本稿では、橋梁事業における調査・測量から設計、施工、検査、維持管理までのあらゆるプロセスにおいてICT技術を活用し、生産性・安全性を向上させる「i-Bridge」の一環として、ICT技術（センサー）を活用した効率的な維持管理に関する取り組みを紹介する。

2. 維持管理におけるPC橋の現状

道路橋では100年耐久が求められ、要求性能を満足するための設計を行っているが、設計で想定した条件（構造物の品質）を施工が原因で満足できなければ、要求性能を達成することは困難となる。そのため、法令化された定期点検は、不測の要因で構造物が劣化していないか確認することを目的として実施しており、PC橋では近年の橋梁点検の結果より、RC橋に比べPC橋の健全度の割合は高い状況であるが、一部の橋梁では劣化が進行しているものがあり、鉄筋腐食が発生している状況である。

PC橋の大半は、PC鋼材・鉄筋類の鋼材が躯体内部に配置されているため、点検時にPC鋼材・鉄筋類の鋼材の劣化状況を直接目視することできない。そのため、躯体外観に変化が発見された時点では、図-1に示すように、鋼材の腐食が進行しており、対応は事後保全対策にならざるを得ない。また、鋼材の腐食・損傷があると、落橋などの致命的な損傷リスクが高くなるため、PC橋の劣化状況を把握することは非常に難しい重要な課題である。よって、PC橋の計画的メンテナンスを実施するためには、PC橋の劣化因子の浸入をできるだけ早い段階で把握し、効率的な維持管理につなげていくことが求められている。

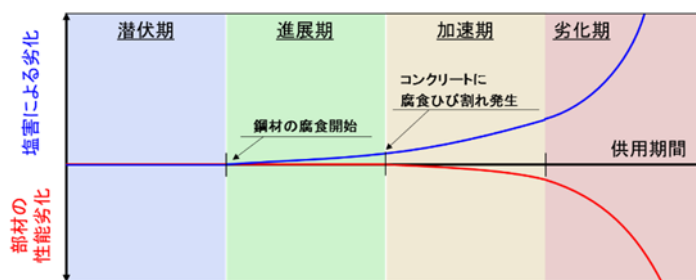


図-1 劣化進行過程概念図

3. 劣化因子の要因

昭和60年代から平成7年頃にかけて、PC箱桁の建設に

においては、図-2に示すように、グラウトホースを束ねて張り出し床版の地覆部から引き出す配置が一般的であったが、約10年前より、張り出し架設を行ったPC箱桁橋のウェブや桁内部の定着突起において、漏水現象が顕在化した。（図-3、図-4）

グラウトホースを上記のとおり配置すると、図-5に示すように、グラウトホースに囲まれた空間が形成されるため、この空間からの伝い水によって漏水が発生したものと推測されたが、束ねていない単独のグラウトホースでも漏水が確認され、主に冬季に漏水が発生し、夏季に漏水が止まるという漏水傾向より、グラウトホースのポリ塩化ビニル樹脂とコンクリートとの線膨張係数の差によって、ホースの周囲に肌隙が生じ、伝い水が生じたものと判明した。

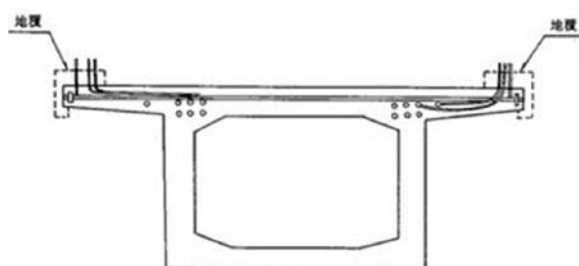


図-2 S60～H7頃のグラウトホース配置例



図-3 ウェブ水平打設目からの漏水



図-4 下床板定着突起からの漏水

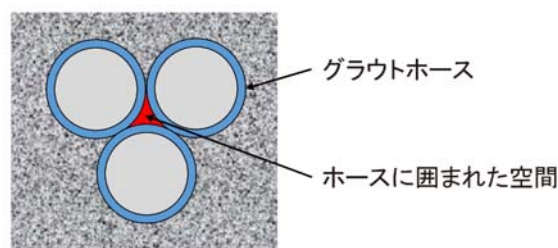


図-5 複数のグラウトホースで形成される空間

4. 伝い水に対する対策

前述したとおり、グラウトホースをこのような状態のまま上床版から出せば、コンクリートとの界面の隙間を伝って、橋面から雨水が内部に浸入し、PC鋼材に到達すると腐食や破断を引き起こすリスクがある。特に、橋面に凍結防止剤が散布される場合などでは、伝い水に塩分が含まれ、表面から塩分が浸透する一般的な塩害とは異なり、腐食が部材の深部から生じ、変状が顕在化した時点で多くのPC鋼材が腐食、破断するなど、深刻な事態を引き起こす可能性もある。そのため、現在は、PCグラウトの設計施工指針や、PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアルに、図-6に示すグラウトホース端部のあと処理方法が規定されており、グラウトホースを伝った水の浸入は防止する対策が施されている。

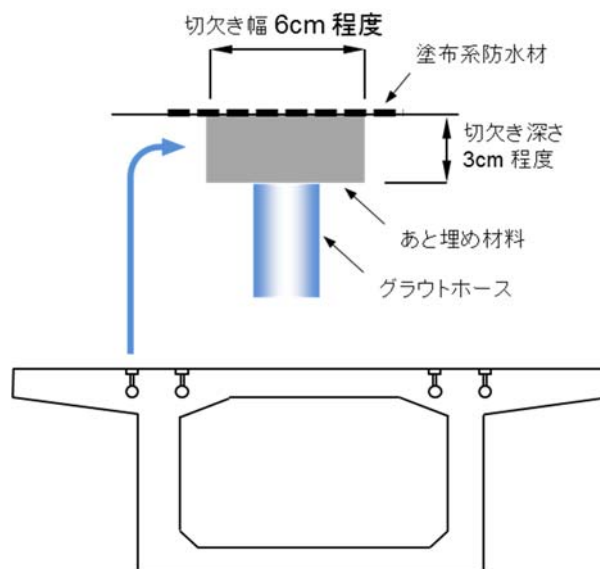


図-6 グラウトホース端部のあと処理方法

5. 確実性の検証

(1) 検証目的

新設橋梁を対象として、上床版上面におけるグラウトホースのあと処理方法の確実性を、グラウトホースから

の伝い水の浸入を確認することにより検証し、グラウトホースからの伝い水の浸入が防止されていることを確認する。

(2) 計測概要

検証として計測を行う橋梁は、2室箱桁の縦断勾配、横断勾配を有する橋梁かつ、塩害を受けない地域にある、静岡県三島市に位置するエビノ木2号橋（図-7）、エビノ木3号橋（図-8）である。

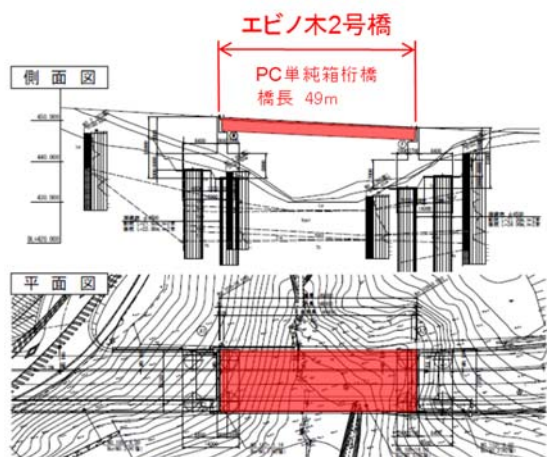


図-7 エビノ木2号橋

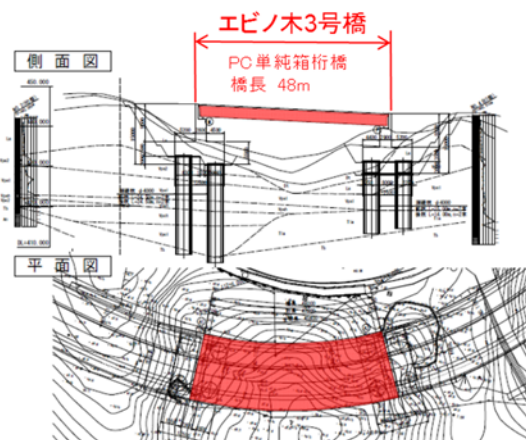


図-8 エビノ木3号橋

確認の手法としては、橋面水が集まる橋面高の低い位置を対象に設置し、図-9、図-12に示すように、コンクリート中の水分量の変化を把握できるセンサー（KZW-1）を、PC鋼材近傍のグラウトホースに添って配置し、伝い水の浸入を監視する。また、図-10、図-12に示すように、桁端部の後打ち部からの水浸入を検知するため、後打ち部境界面にセンサー（図-11）を設置する。グラウトホース部と後打ち部には、伝い水を検知した際の測定値の判別を容易にするため、検知用センサー付近の水分補給が想定されない部位に補正センサーをそれぞれ1台ずつ設置する（図-13）。

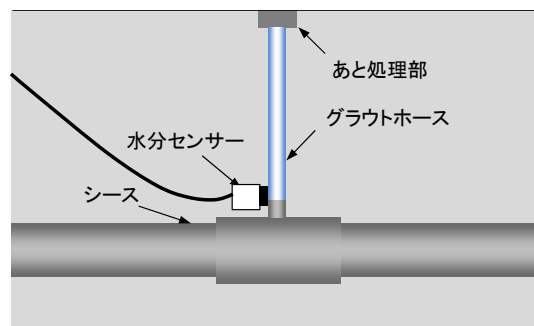


図-9 水分センサーの配置イメージ（伝い水）

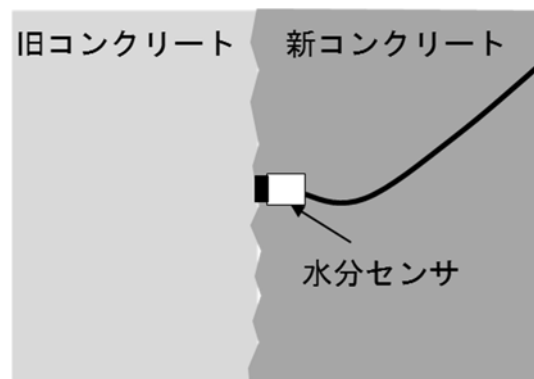


図-10 水分センサーの配置イメージ（桁端部の後打ち部）



図-11 水分センサー

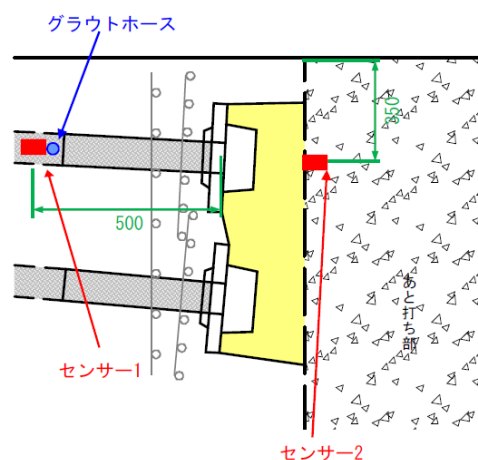


図-12 水分センサー配置図（平面図）

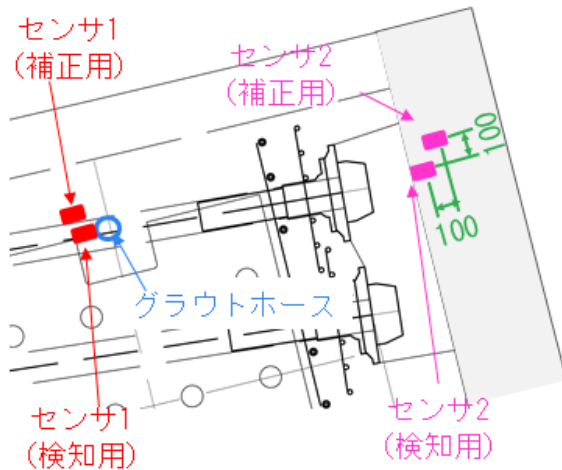


図-13 補正用水分センサー配置図（平面図）

設置した水分センサーのケーブルは、箱桁内へ配線し、データロガー（TDS-150）により計測を行う。水分センサーは、コンクリート中に浸入した水分によって、検知部の自由水量が増加するため、センサーが水分を検出しない場合、電圧に変化はなく、水分を検出すると電圧が上昇するので、劣化因子を早期に把握することが可能である。

副次的効果として、これまでに、水分量を測定する方法が研究されてきており、水分をコンクリートとの比抵抗から測定する方法、コンクリートに設けた小孔内の湿度及び結露水を測定する方法、中性子線を利用する方法などが行われてきた。しかし、これらの方法の多くは、測定結果にばらつきが生じるため、安定した連続モニタリングに課題があった。よって、本稿での水分センサーを用いることで、通常の点検では検出できず、詳細調査でも把握が困難なPC鋼材の腐食を誘発する事象をモニタリングでき、かつ点検の効率化を図るとともに、PC橋の健全性の確認することが可能である。また、コンクリート中の水分量の変化や水分の移動を把握するで、各種性質（水和の進行、乾燥収縮、クリープ、強度発現などの各種コンクリートの物性や耐久性）を予測する上で、有効な手法と成り得る。

水分センサーを用いたモニタリングの期間は、5年としており、PC橋の維持管理をする上で健全度を確認するため、

- ・桁端部におけるひび割れ（外観目視）
- ・塩化物イオンの浸透状況（内部腐食センサー）
- ・プレストレス力（磁歪センサー（直接的計測））
（光ファイバセンサー（間接的計測））

を行っており、概ね5年で各項目の傾向が確認できることから、モニタリング期間を設定している。

6. まとめ

検証工事において、ICT技術を活用した水分センサーを設置して、PC橋桁内の水分量を計測することとした。現在は、水分センサーを設置して1年経過しており、実際の伝い水を検知することがないが、今後、継続的に水分センサーを計測することで、鉄筋やPC鋼材が腐食する前に劣化因子の浸入を検知し、効率的な予防保全につなげていく予定である。最後に、本稿がPC橋の維持管理の効率化の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) プレストレスコンクリート工学会 第26回シンポジウム論文集(2017年10月)：グラウトホースの伝い水現象の検証ならびに補修技術に関する実験的検討