



## 2. PCグラウト充填不良の発見

本橋は、橋梁長寿命化修繕計画に基づき、平成24年度に橋梁修繕詳細設計を行い、平成25年度には橋梁修繕工事を行った。

修繕工事の内容としては、ひび割れ注入や断面修復、橋面防水工などを行っている。

この工事の際、主桁ウェブの断面修復に伴うはつり工を実施中、写真- 2に示すようにPCシース内のグラウト充填不良が発覚した。



写真- 2 シース内充填不良状況

## 3. PCグラウト充填調査

### (1) 調査方針

グラウト充填不良箇所を確認するにあたり、すべての桁を調査することが望ましいが、現状把握を早急に行う必要があることや工期・予算などの制約があるため、外観上、比較的損傷の著しい桁を選定し、調査を行うこととした。

また、調査結果を比較できるように外観上、健全と判断される桁についても調査を実施した。

調査対象は、第5径間と第9径間の全桁各4本、第6径間の下流側1本、第8径間の上流側1本の合計10本とした。

グラウト充填不良箇所を特定するにあたり、極力ウェブへの負担を少なくする必要があることから、まず非破壊調査を行い箇所の特定を行うこととした。

非破壊調査にはX線透過法やインパクトエコー法があり、前者のX線透過法は調査実績が多くグラウトの充填状況を視覚的に捉えられる利点があるが、撮影箇所の部分的な評価しかできない。また、撮影に特殊技能が必要であり、撮影時に管理区域を設けなければならず、実施中である橋梁工事に支障が伴う。

一方、後者のインパクトエコー法は、測定機器が小

型で作業が容易であり作業性に優れている。また、X線透過法に比べて安価であり、近年実績が増えている。よって、当調査は、主としてインパクトエコー法により充填状況を確認することとした。なお、調査に先立ちRCレーダによるPC鋼材の位置出し、配置本数の確認、PC鋼材のかぶり確認を行った。

調査フローを図- 4に示す。

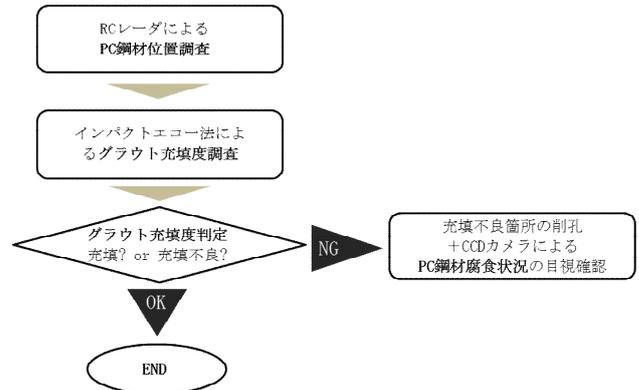


図- 4 調査フロー

### (2) 調査内容

まず、RCレーダにてPCケーブルの位置およびかぶりの特定を行う。非破壊調査は、図- 5のとおり上縁定着ケーブルのウェブの上縁側、中央、下縁側の3箇所とし、1ケーブルあたり、起点側と終点側曲げ上げ部（曲げ上げ部とは図- 6に示す部分）の計6箇所とした。

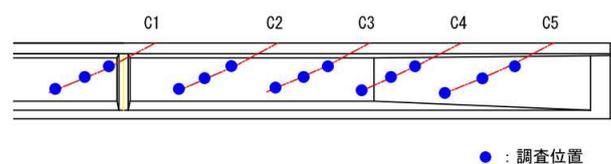


図- 5 調査位置図

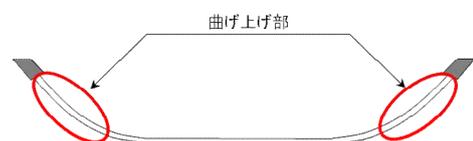


図- 6 曲げ上げ部

#### (a) 非破壊調査

インパクトエコー法は、部材表面から打撃などによって弾性波を入力し、その共振現象の周波数を測定・解析することによりグラウト充填度を調査する手法である。

インパクトエコー法のイメージを図- 7に示す。

シース内にグラウトが充填されている場合は、部材厚の2倍に相当する周波数帯 ( $f_T$ ) にピークが現れるが、シース内にグラウト充填不良による空隙があると、部材表面とシース表面の間でエコーが生じるためシースかぶりの2倍に相当する周波数帯 ( $f_{void}$ ) にもピークが現れる。これにより充填不良かどうかを確認することができる。

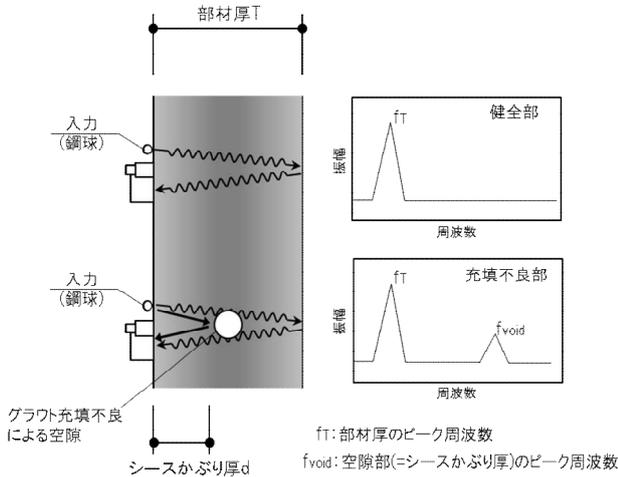
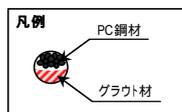


図-7 インパクトエコー法イメージ

インパクトエコー法により、4段階にて評価を行った。評価項目とグラウト充填度の関係を表-1に示す。

表-1 評価とグラウト充填度

充填	
充填不良の可能性あり	
× 充填不良	
評価不能	ひび割れなどから反射波や回折波の影響で優位な波形が得られない



(b) 微破壊調査

インパクトエコー法の結果を踏まえ、特に【評価不能】であった箇所を中心に、充填不良の可能性が高い箇所において、CCDカメラを用いて確認を行った。

また、充填評価が【 】であったところにおいても確認のために削孔調査を実施した。

(c) 調査結果

インパクトエコー法による結果は、図-8に示すとおり、充填不良 (×)・充填不良の可能性あり (△)・評価不能箇所 (○) が全体の約4割あることが確認できる。

評価不能箇所は、シースに沿ったひび割れの発生、もしくは“うき”や遊離石灰等の外観変状が発生しており、適用の範囲を越えていたため、適切な計測ができなかった部位であるが、外観状況から充填不良であることが予測される。

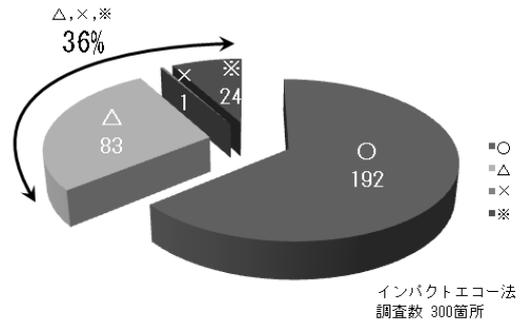


図-8 インパクトエコー法結果

上記結果に基づいて調査箇所を選定し、CCDカメラによる調査を行ったところ、△が14箇所中12箇所、×が10箇所中9箇所、※が2箇所中2箇所とも充填されていた。

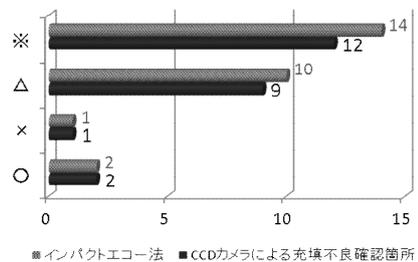


図-9 調査結果比較

これにより、インパクトエコー法による調査において、グラウト充填不良の判定結果が妥当であると

確認できるとともに、本橋においては評価不能の判定された箇所は、殆どが充填不良箇所であると想定しておく必要があると考える。

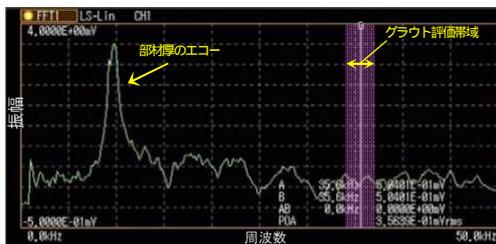
図- 10はグラウトが充填されている箇所のエコー図である。グラウト評価帯域にピークが無いことが確認できる。この箇所において削孔し CCD カメラにより確認したものが写真- 3である。グラウトが十分に充填されており、シース内に空隙がない。

図- 11はグラウト充填不良箇所のエコー図である。グラウト評価帯域から多少のずれはあるが、ピークが認められる。写真- 4は当該箇所を CCD カメラにより確認したものであるがシース内にグラウトが充填されておらず、鋼材を確認することができる。



写真- 4 CCDカメラによるシース内\_充填不良箇所

充填不良箇所において、数箇所選定し CCD カメラにより PC 鋼材の腐食を確認したところ、幸いにも殆どの鋼材に破断を示唆するような顕著な腐食は確認されなかった。

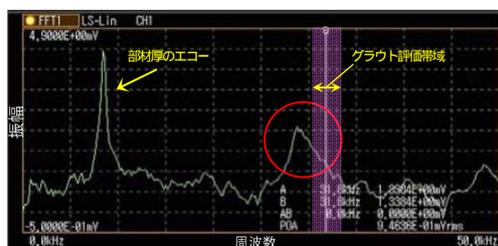


終点側 G3-C3-3 評価:○

図- 10 インパクトエコー結果\_充填箇所



写真- 3 CCDカメラによるシース内\_充填箇所



終点側 G3-C1-1 評価:△

図- 11 インパクトエコー結果\_充填不良箇所

#### 4. 過年度の橋梁詳細点検

本橋は、過年度に橋梁詳細点検を行っているが、点検結果から、グラウト充填不良によるものと考えられるシースに沿ったような遊離石灰の滲出痕（写真- 5）が確認されているため、当箇所をインパクトエコー法や CCD カメラによる調査結果と照らし合わせた。

その結果、図- 12、写真- 6のとおり、グラウト充填不良であることが確認できた。このことから、橋梁詳細点検時に、シースに沿ったひび割れや遊離石灰の滲出痕等があれば、グラウト充填不良である可能性が高いことを想定する必要があると考えられる。

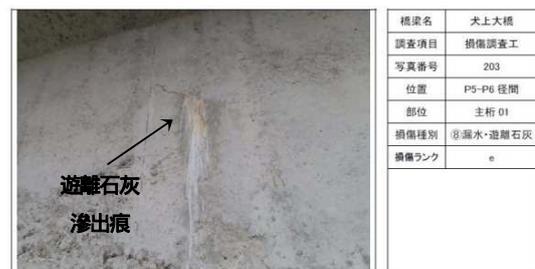


写真- 5 過年度の橋梁詳細点検結果 写真



終点側 G1-C1-1 評価:※

図- 12 遊離石灰部のインパクトエコー



写真- 6 遊離石灰部の CCD カメラ写真

## 5. まとめ

本橋においては、橋梁修繕工事中にグラウトの充填不良が発覚したが、前述したとおり過年度の橋梁詳細点検結果を確認すると充填不良であるサインが見受けられる。

本橋の調査において、上端でグラウト充填不良が発見されたシースで下端でも削孔を行ったところ、下端ではグラウトが充填されていることが確認できた。また、主桁の起点側（甲良町側）削孔部から終点側（多賀町側）削孔部に送風する通気試験を行ったが、通気は確認されなかった。

施行当時は、ブリーディングの発生するグラウト材を使用、シース内を満たすことなくグラウト材が先流れ、また中間排気口の未設置等により、空気が混入していた可能性が高く、グラウトが上端まで十分に充填されなかったことが考えられる。よって、上端では充填不良であったが下端では充填されている状況から推察すると、充填不良は、ケーブル全長ではなく定着部近傍の範囲に限定して発生していると予想される。

グラウト充填不良によるPC鋼材への影響として、水が浸入し腐食に至らせる可能性が高い。特に、1993年（平成5年）以前に施工されている橋梁は、すべてのPCケーブルを桁端部に定着することができないために、図- 13の桁側面イメージ図のように、一部を主桁の上縁に定着している。また、2002年（平成14年）の道路橋示方書から、「アスファルト舗装とする場合は、防水層等を設けるものとする」と明記されたが、それ以前については「必要に応じて防水層を設けるものとする」と記載され

ているため、2001年（平成13年）以前に完成した橋梁は橋面防水層が設置されていない可能性が高い。これにより床版から上縁定着部へと雨水等が浸入し、凍結防止剤の散布なども重なり、鋼材が腐食し破断するケースが考えられる。

幸い、本橋はPC鋼材が破断を示唆するような顕著な腐食は見受けられなかったため、グラウトを再注入することで持続的な供用は十分可能であると考えられる。

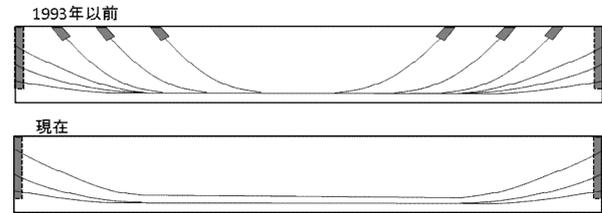


図- 13 桁側面イメージ図(定着部の位置)

## 6. おわりに

橋梁長寿命化修繕計画に基づき、全県において橋梁修繕工事を行っているところであるが、本橋のようなケースは、ポストテンション方式のどの橋梁にも起こりうると思われる。橋梁修繕工事中や橋梁詳細点検において、シースに沿ったひび割れや遊離石灰の滲出痕があれば、グラウト充填不良の可能性も視野にいたれた方策を考える必要がある。

予算的な制約等がある中で、損傷が軽度な状態のうちに修繕するなど、より効果的に橋梁を維持管理していくことが重要であり、広い視点で損傷状況を見極めることが発注者・受注者の共通課題と考える。本稿が今後の維持管理においての一助になればと思う。

また本橋は、今年度（平成26年度）に未調査桁のグラウト充填度の調査を行うとともに再充填工事をする予定である。

## 参考文献

- 1) 復建調査設計株式会社：平成 25 年度 第 B555-1 号 多賀永源寺線他補助道路修繕設計業務委託
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説（平成 2 年 2 月，平成 6 年 8 月，平成 8 年 12 月，平成 14 年 3 月）
- 3) 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC技術の変遷（2003年11月）