

非破壊検査を用いた PC ケーブルの損傷度調査

Investigation of damage condition about PC cable using non-destructive inspection

独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 ○正会員 宮川 智史 (Satoshi Miyagawa)
独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)
独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 西 弘明 (Hiroaki Nishi)

1. はじめに

PC 橋には、プレテンション方式とポストテンション方式がある。プレテンション方式は、あらかじめ緊張させた PC ケーブルにコンクリートを打ち込むため、シーすやグラウトは必要としない。一方、ポストテンション方式には、コンクリートの打設後、PC ケーブルを緊張させ、シーす内にグラウトを充填させる。この時のグラウトは、PC ケーブルの防食効果の役目を担っているため、グラウトの充填状態は PC ケーブルの腐食に大きな影響を与える。

ポストテンション方式は、グラウトの充填が不十分であるとシーす内 (図 1) にブリーディングや雨水が侵入し溜まっている可能性が高く、PC ケーブルを腐食させる原因となる。PC ケーブルの腐食が進行すると、PC ケーブルの破断、コンクリートの剥落、さらには、落橋して第 3 者に被害を及ぼす可能性がある¹⁾。

PC 橋は、建設されはじめてから約 50 年が経過したが、車両の大型化や交通量の増加が進み、架設当時の設計では厳しい環境である。このため、PC 橋梁を維持管理していくためには、PC ケーブルの損傷具合を正確に把握し、必要に応じて対策をとらなければならない。

すでに本州では、PC ケーブルの損傷調査により、グラウト未充填箇所やケーブルの腐食等が報告されている。そのため、道内においても PC ケーブルの損傷度を確認する必要があるため、今回調査に至ったものである。

今回の PC ケーブルの調査は、構造物を破壊せず、外部から確認するため、非破壊検査を選定した。さらに、この検査手法には、衝撃弾性波法、インパクトエコー法、X 線透過法等の様々な種類はあるが、今回は橋梁点検車の制約や狭い作業スペース内での調査が可能なインパクトエコー法を用いて調査を行った。

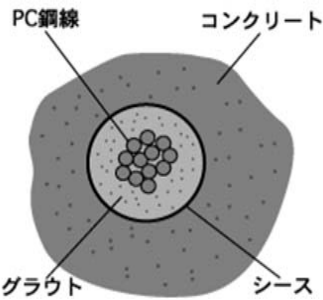


図 1：シーす内の状況（ポストテンション方式）

2. 調査概要について

2.1 調査箇所

調査箇所は、苫前町古丹別にある天竜橋（国道 239 号）である（図 2）。橋梁形式は、4 径間単純ポステン PCT 桁橋であり、昭和 41 年に架設されている（表 1）。またこの橋梁は、平成 2 年に幅員を拡幅し、上り車線を増設し、桁高が高いのが特徴である（図 3）。

本橋を選定するため、厳しい環境条件の中で架設された橋梁の PC ケーブルの損傷状態を調査したいと筆者らは考え、事前調査を行った。

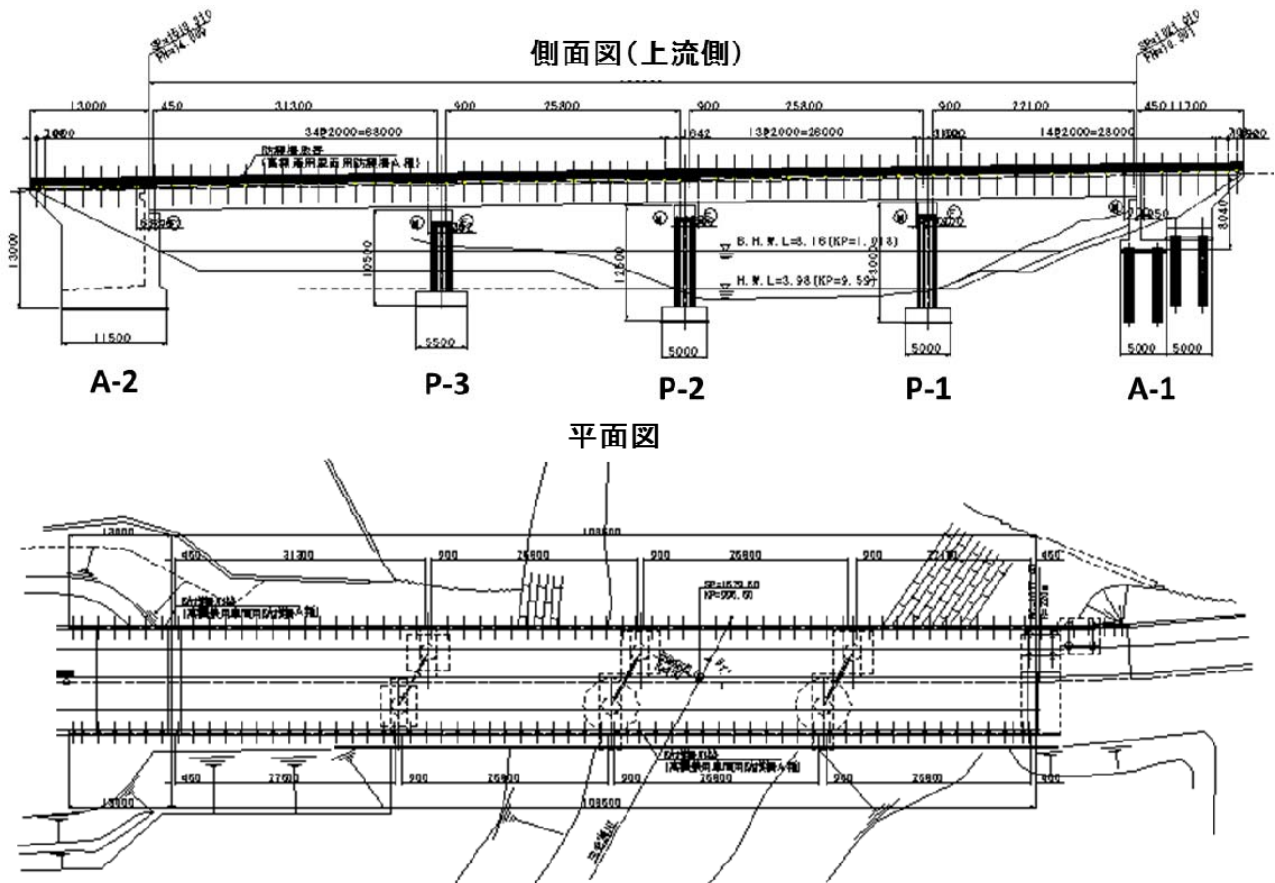
- 選定条件としては、以下に示すとおりである。
- ・主桁および横桁において補修対策の緊急性が高いこと。
 - ・橋梁架設年次が古いこと。
 - ・日本海側沿いに位置すること
 - ・桁高が高く、径間が長いこと。



図 2：位置図

表 1：橋梁諸元

橋梁名	天竜橋
路線名	一般国道 239 号
橋長	108m
幅員	13.5m
上部構造形式	4 径間単純ポステン PCT 桁
下部構造型式	RC 逆 T 式橋脚, RCT 型式橋脚
基礎構造	直接基礎
桁高	10m 以上
架設年次	昭和 41 年 (1966 年)
設計示方書	昭和 39 年 (1964 年)
補修歴	平成 2 年 (1990 年) 幅員拡幅



2.2 橋梁外観状況

外観状況については、橋梁上部の床版等には大きな損傷等はないが、旧橋(図4)のP2、P3橋脚については、特に劣化が進んでいた。

橋脚については、表面上に遊離石灰を生じていること、さらに凍害とASR(アルカリ骨材反応)との複合損傷を受け、不規則なひび割れ、浮き、断面欠損など損傷が数多く見られる(写真1)。また主桁については、フランジ部や側面部にひびわれが確認される箇所があり、老朽化が進行している。



写真1：外観状況

2.3 調査部位および数量

調査箇所は、劣化の進んでいた旧橋のP2、P3橋脚付近の径間を選定し、G6、G7の2主桁のPCケーブルを対象にした(図4)。外観状況では、G4が最もひび割れが生じていたが、橋梁点検車の都合上、未調査とした。

調査数量については、2径間でそれぞれ2主桁、計20ケーブルで行い、そのうち3箇所については、削孔を行った。

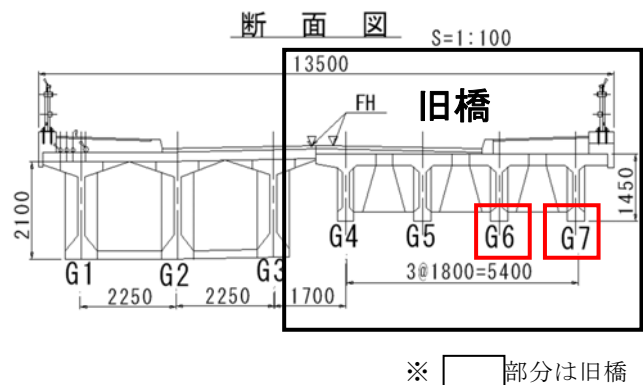


図4：断面図

2.4 インパクトエコー法

インパクトエコー法は、衝撃弾性波法の1つに分類されるものであり、入力した衝撃弾性波をセンサで受診し、受診波の周波数解析結果からコンクリート内部の欠

陥評価等を行う手法である。

この工法では、対象とする PC ケーブルに対し、直角方向に測定を行うため、局所的な調査にはなるものの、横締めケーブルに対しても行うことが可能である。また衝撃弾性波法と違い、桁の片面のみで弾性波を発振・受信して測定できるため、比較的狭い範囲での作業が可能となる（図 5）。このことから、橋梁点検車の規模を小さくできることや作業人員を減員することが可能となる（写真 2）。

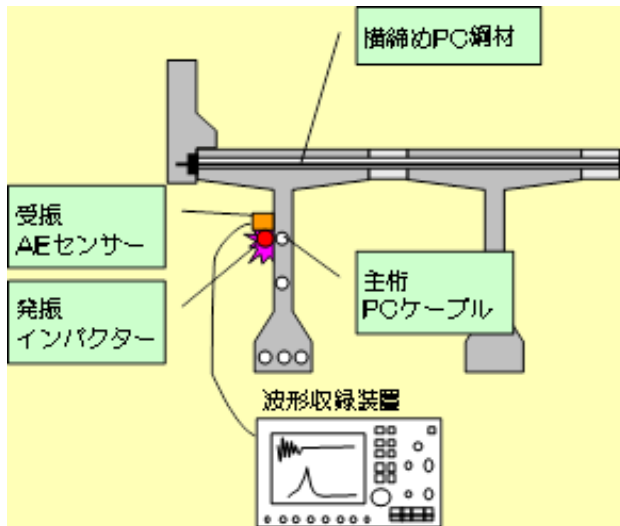


図 5：インパクトエコー法



写真 2：点検状況

2.5 グラウト充填度の推定方法

コンクリート表面に打撃などにより弾性波が入力された場合、弾性波の縦波成分はコンクリート内部の欠陥、あるいは異なる材料の境界面において反射を起こし、コンクリート表面と欠陥あるいは異なる材料の境界面において反射を起こし、コンクリート表面と欠陥あるいは異なる材料の境界面との間に往復する定常波が生じる（縦波共振現象）。インパクトエコー法は、この現象を利用して、入力点付近で計測された波形の周波数スペクトルのピーク位置からコンクリートの内部状況を推定する方法である。

インパクトエコー法により、グラウトが充填されている場合は、卓越したピークが 1 つ現れるが、グラウトが充填されていない場合は、卓越したピークが 2 つ現れる（図 6）。

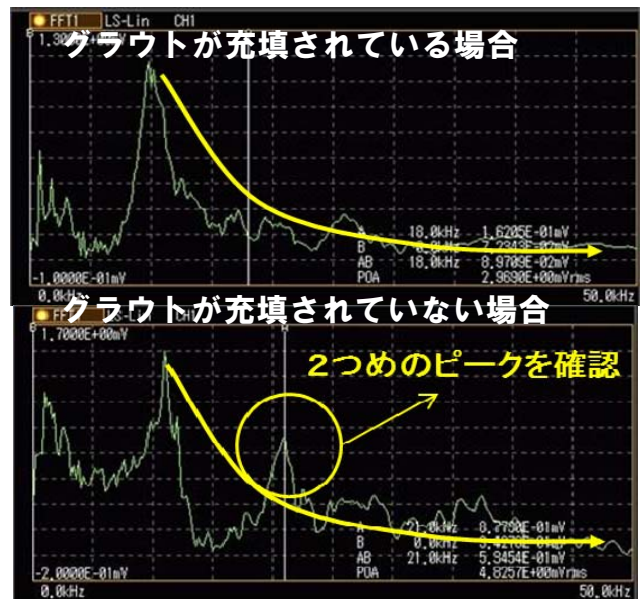


図 6：インパクトエコー法の測定波形

2.6 計測機器および計測

計測に必要な器具を下記に示す（写真 3）。作業には、インパクト、センサ、波形収録機、鉄筋レーダーを使用する。コンパクトな機械であるため、軽量であり、1 名で作業が可能である。

また作業フローを図 7 に下記に簡単に示す。



鉄筋レーダー



写真 3：計測器具

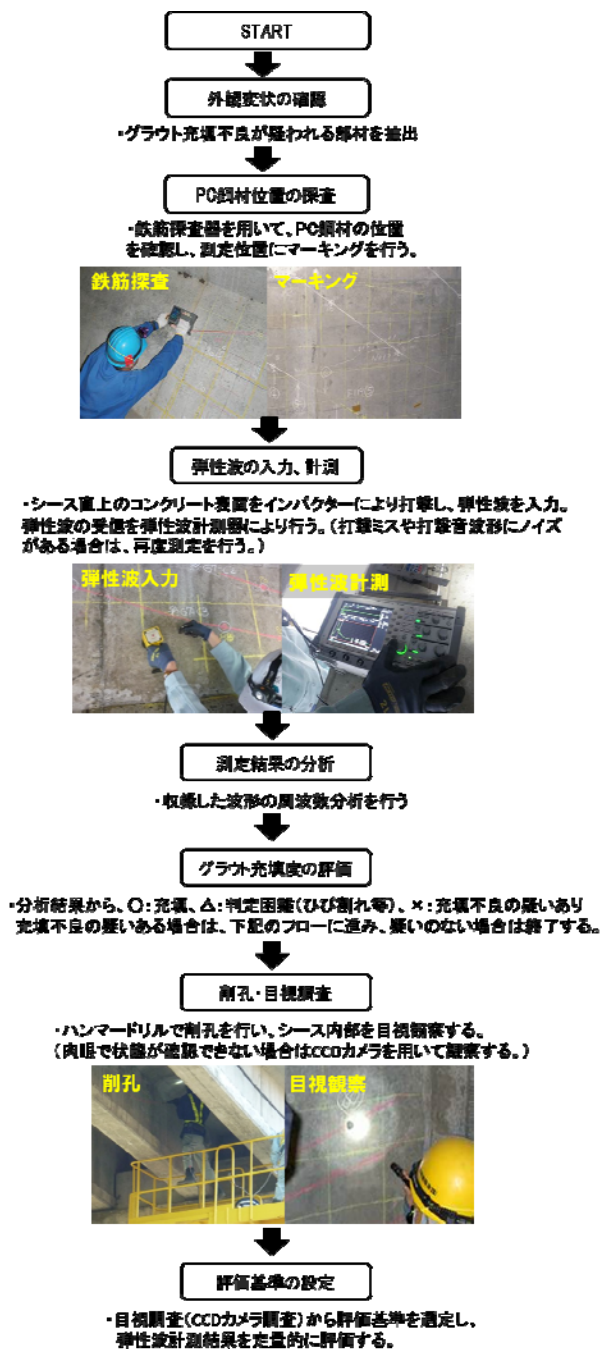


図 7：作業フロー

3. 調査結果

3.1 インパクトエコー法の結果

計測波形の周波数を解析し、2 つめのピークの有無から、グラウト充填不良の疑いがある箇所を 3 ケーブル発見した（20 ケーブル中）（表 2）。

3.2 削孔調査の結果

インパクトエコー法の結果を受け、グラウト充填不良の疑いがある 3 ケーブルに対して、削孔調査を行った。

結果は表 2 に示すように、空隙があり、完全な充填不良と判断したもの 1 箇所（番号③）、一部充填不良と判断したもの 1 箇所（番号①）、充填されていたもの 1 箇所であった（番号②）

写真 3 に、グラウトが充填されている箇所と充填不良の箇所を示した。充填不良の箇所では、はっきりと空

隙が観察されたが、錆は確認されなかった。またこの箇所は、充填不良の起きやすい PC ケーブルの巻き上げ部（定着部付近）で起こったことも確認できた。

一方、充填されていた箇所に対して、その理由は完全に特定できないが、ウェブ境界で調査したことにより、反射波がウェブに反射し、ピークに影響したのではないかと考えられる。

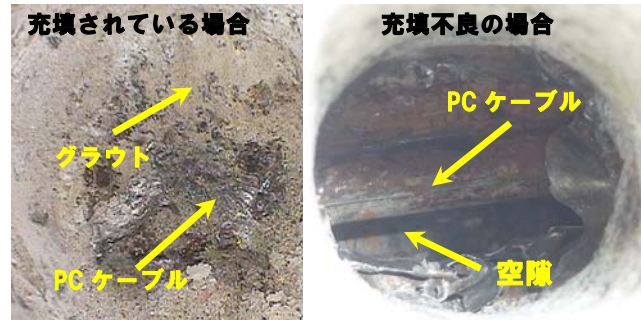


写真 3：グラウト充填状況

表 2：調査結果一覧

番号	径間	部位	調査箇所	充填評価	充填状況
①	P1-P2	終点側 G6	C3	×	一部充填不良あり
②		終点側 G7	C2	×	充填
③	P2-P3	起点側 G7	C5	×	充填不良

4. まとめ

本検討で得られた結果は以下のとおりである。

- ・2 径間 20 ケーブルを調査したが、グラウト充填不良の疑いが考えられたのは、3 ケーブルだった。
- ・削孔により、グラウト充填不良の疑いがあつたのは、2 箇所であり、完全なグラウト充填不良が認められたのは 1 箇所であった。
- ・削孔調査とインパクトエコー法による調査結果は、概ね一致しており、主ケーブルのグラウト調査を行うには十分可能な手法であるといえる。
- ・今回未調査の桁からもグラウト充填不良箇所が存在する可能性は極めて高く、全ケーブルで、グラウト充填の再調査を行う必要がある。
- ・今回の調査より、道内の他の PC 橋においても、グラウト充填度不良の可能性があるため、調査を行うことが望ましいと言える

謝辞

本調査を行うにあたり、現場の調整を行い、調査にもご協力頂いた、北海道開発局留萌開発建設部の小野寺課長補佐、同建設部羽幌道路事務所の藤野戸係長には、謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 木村、田中、中村、宮田：PC グラウト充填度の確認方法に関する研究、平成 21 年度土木研究所成果報告書