

積雪寒冷地におけるPC橋の維持管理事例

(株) 構研エンジニアリング 橋梁部 正会員 木村 和之
 (株) 構研エンジニアリング 橋梁部 今泉 宜人
 (株) 構研エンジニアリング 橋梁部 池田 貴雄
 札幌市 建設局土木部 道路維持課 須志田 健

1. はじめに

札幌市では平成 21 年度現在で、1,250 橋の橋梁を管理している。この中で、建設後 50 年を経過した高齢といわれる橋梁は現在 2% 程度であるが、20 年後には 3 割、30 年後には 6 割に達し、今後急速に高齢化が進む状況にある。中でも、市の中央を流れる豊平川に架かる長大橋は、昭和 47 年開催の冬季札幌オリンピックを契機に集中して建設されており、10 年後にはこれらの約半数が高齢化に直面する (図-1)。

これらの橋梁を計画的かつ効率的に維持管理することを目的に、平成 22 年 7 月、札幌市橋梁長寿命化修繕計画¹⁾ が策定された。

本稿で紹介する南 7 条大橋 (写真-1) は、上記計画において最もグレードの高い「グループ」に分類され、目標供用年数は 100 年以上、維持管理レベルは、できるだけ長寿命化を図るため損傷が軽微な段階で対策を行うとともに、耐久性を向上させる補修工法を選択するレベルの高い保全方法を採用することが求められている。

本報告は、上記計画に基づき、補修工法に関わる基礎データの収集 (現橋調査) および補修工法の選定について述べるものである。

2. 対象橋梁の概要と積雪寒冷地特有の課題

2.1 橋梁の概要

南 7 条大橋は昭和 46 年 11 月に供用を開始した PC 2 主桁桁橋 (図-2) で、3 径間連続桁と 4 径間連続桁の 2 連構成である。調査時点 (平成 22 年) で完成後 39 年を経過している。耐震補強対策として橋脚は巻き立て、落橋防止装置が設置されている。

2.2 積雪寒冷地特有の課題

橋梁の調査は外観目視を中心に行われるが、PC 橋では内部の鋼材の劣化が構造性能および橋の耐久性を大きく左右するため、非破壊検査等を適切に採用し、健全性評価の精度を高めることが重要である。積雪寒冷地では凍害や凍結防止剤による塩害、さらには両者の複合劣化による損傷も生じることから、今回の調査ではこれらの劣化に着目した床版の内部診断方法として 3 次元レーダーを採用して信頼性向上を図った。



図-1 豊平川に架かる札幌市が管理する橋梁 (札幌市橋梁長寿命化修繕計画より)



写真-1 南 7 条橋全景 (上流側右岸から見る)

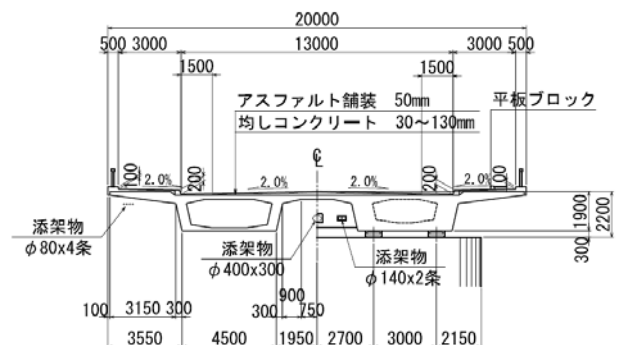


図-2 主桁断面図 (2 室箱桁, 非分離構造)

3. PC鋼材とグラウトの調査

3.1 近接目視調査

近接目視調査(写真-2,3)の結果,ウェブにひび割れや遊離石灰の滲出などを確認した。PC鋼材に沿ったひび割れは,浸入した水がシース管を伝い腐食や凍結を生じさせた可能性も考えられた。仮にグラウト不良があるとPC鋼材の腐食の進行,さらには破断の事もあることから,ウェブを削孔し確認することとした。



写真-2 河川部の橋梁点検車での外観目視調査



写真-3 近接目視調査(内空高1,360mm)

3.2 削孔調査の概要

調査箇所は損傷が多く生じている両外側のウェブとした(図-3,写真-4,5)。RCレーダーで鋼材位置を確認し,ハンマードリルで直径25mmの削孔を行った。ブローアを用いて孔内の削りカス,粉塵を除去・清掃し,CCDカメラを挿入し観察した(図-4,写真-6)。なお,調査箇所は,上縁定着部付近,ブリージングによる空隙が生じ易い位置とした。

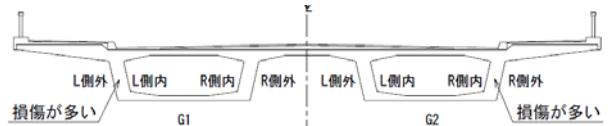


図-3 主桁ウェブの損傷状況

3.3 削孔調査の結果

シース自体は良好な状態であり,多少の点錆程度が生じているが破れは無かった(写真-7)。グラウトとPC鋼材の状態を確認するため,部分的にシースを削孔したが,充填状況は良好でPC鋼材にも錆は生じていなかった(写真-8)。



写真-4 PC鋼材に沿ったひび割れ(ウェブ外側)



写真-5 PC鋼材に沿ったひび割れ(ウェブ内側)

今回は全40本のケーブルのうち,5本を抽出して調査した。グラウト充填の状態は良好で,シースの外側にも水みちは確認されなかった。このため,上縁定着の後埋め部から路面の水が浸透している可能性は低いと考えられ,ひび割れの発錆要因は主に施工時の乾燥収縮によるものと推察する(図-5)。

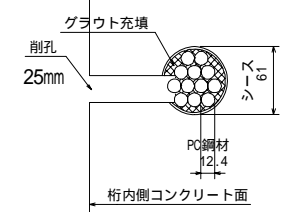


図-4 コンクリートの削孔状況



写真-6 PC鋼材に沿ったひび割れの内部陪調査

しかし,今回の調査は限定された径間での部分的なケーブルのみの確認であったため,他の多くの主ケーブルのグラウト充填が健全であるという保証ではないことに留意する必要がある。

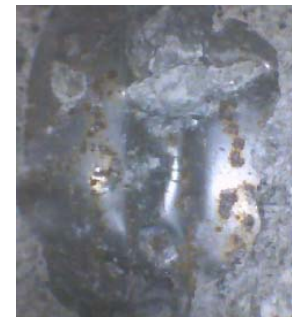


写真-7 シース表面の点錆

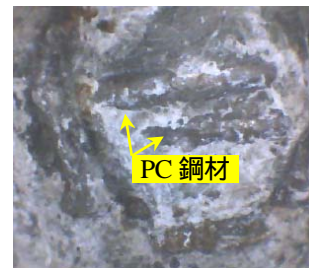


写真-8 シース内部のグラウトとPC鋼材(健全)

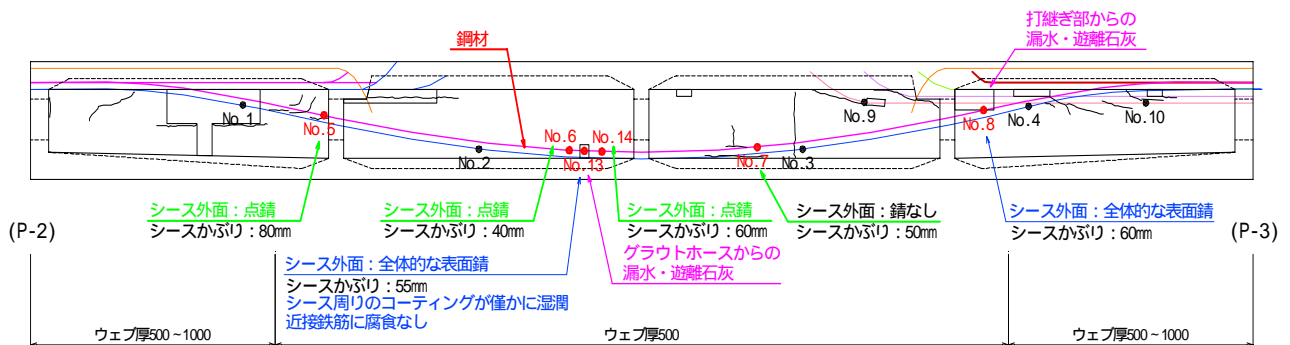


図-5 箱桁内部のひび割れ・遊離石灰等の状況と削孔目視調査箇所(第3径間:P2~P3)

4. 床版の内部診断と橋面の調査

4.1 3次元レーダー調査の概要

積雪寒冷地では床版コンクリートの表層部分が凍害による脆弱化が進行し、「砂利化」を呈する場合もある。現地の床版調査ではアスファルト舗装を除去し、直接床版上面を確認する方法がとられるが、実際には部分的な実施に限られている。3次元レーダー調査では探査範囲の床版について、舗装を除去せずに立体的な状況把握を行えるのが特徴である(図-6)。調査は交通規制のもと実施した(写真-9)。なお、解析精度および結果の評価向上のために、部分的なはつり調査を併せて実施した。

4.2 調査の結果

調査箇所は現地踏査により桁下の外観損傷が多く見られたG2R側(上流側)のウェブ上とした。解析結果を図-7に示す。画像では上部鉄筋からの反射信号が周辺と比較して不明瞭であり、鉄筋腐食に起因するコンクリート上面の劣化が生じている可能性があると判定した。舗装除去調査の結果は、PC鋼材上縁定着部の後埋めコンクリートや、その周辺のコンクリート床版に浮きや剥離(2cm程度)があり、鉄筋の腐食を確認した。しかし、周辺のコンクリート床版上面は比較的健全であった(写真-10,11,13,14)。排水柵周辺の床版では厚さ3.5cm程度の砂利化を確認した(写真-12)。

現在は床版防水が未施工であることから、歩車道境界の縁石から浸入した水が床版へ浸透し、凍結融解作用の繰り返しにより損傷が発生したと考える。

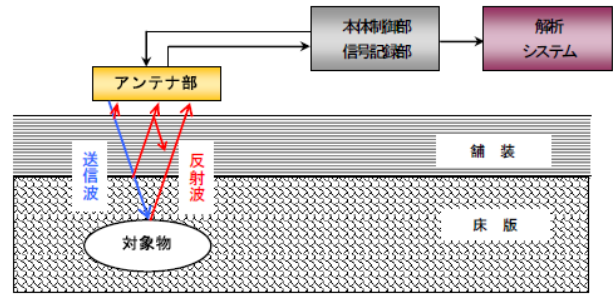


図-6 電磁波を用いた床版内部のレーダー探査



写真-9 3次元レーダー調査(複数のセンサーを使用)



写真-10 舗装除去後の床版上面目視確認



写真-11 後埋め部



写真-12 排水柵周辺

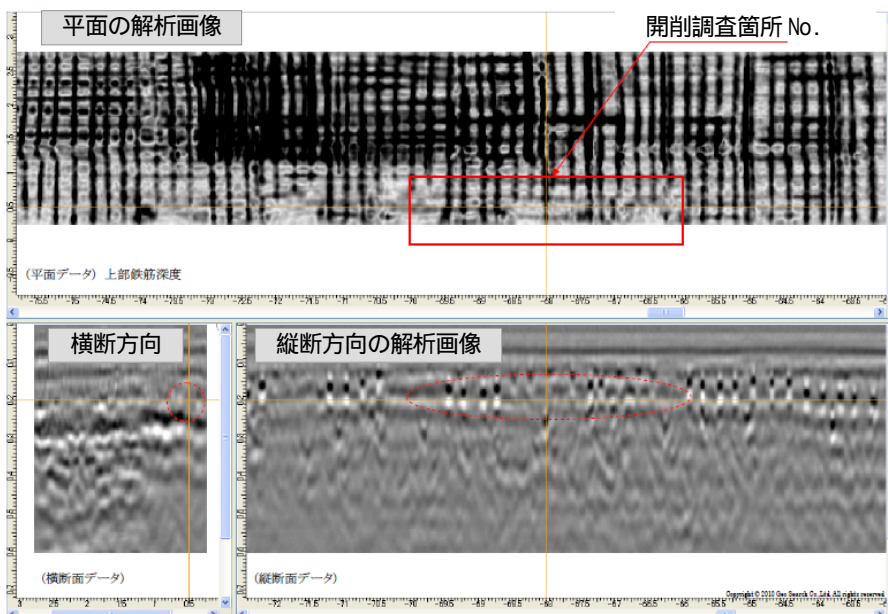


図-7 3次元レーダー調査の解析結果(PC鋼材上縁定着部付近)



写真-13 舗装除去後の目視確認(一部、鉄筋露出)



写真-14 上縁定着の後埋め部分(一部、鉄筋露出)

5. コンクリートの物性試験

橋梁の構造性能および劣化予測のための基礎資料を得る目的で、橋体から供試体を採取し、コンクリートの物性試験を行った。試験項目は、圧縮強度、静弾性係数、超音波伝播速度、中性化深さ、塩化物イオン含有量である。

圧縮強度の試験結果は $40.9 \sim 56.3 \text{N/mm}^2$ であり、計基準強度の 40N/mm^2 を確保していることが確認できた。静弾性係数の試験結果は $24.7 \sim 31.7 \text{kN/mm}^2$ であり、標準値（ $19.1 \sim 34.2 \text{kN/mm}^2$ ）の範囲内²⁾であった。

中性化深さは、床版が最大値 2.5mm （かぶり厚さは 42mm ）、主桁が最大値 20.0mm （かぶり厚さは 39mm ）であり、現時点では鉄筋位置まで進行していなかった。本橋梁の目標供用年数は100年以上であるため、調査時点から61年後（これまでの供用年数は39年）の劣化予測を行ったが、中性化深さは鉄筋位置に達しない結果となった。

冬期は路面管理のために凍結防止剤を散布するため、床版コンクリートの塩化物イオン濃度の測定を行った。試験の結果は、床版上面で 0.51kg/m^3 、鉄筋位置（かぶり 42mm ）で 0.30kg/m^3 であり、発錆限界イオン濃度（ 1.2kg/m^3 ）以下であった。また、中性化深さ同様、100年供用を考慮した劣化予測を行った結果は、鉄筋位置で 0.37kg/m^3 であり、発錆限界に達しないことを確認した。

6. 損傷原因の推定と補修工法の選定

6.1 上床版打ち継ぎ面からの漏水・遊離石灰対策

現況は床版防水が未施工であることから、図-8に示す経路で水が浸透し、ウェブの上床版打ち継ぎ面に遊離石灰を生じさせたものと推察する。このため補修工法は、床版上面の防水層敷設、ウェブひび割れの注入さらに、ウェブ側面には雨水の浸透遮断のため、ケイ酸塩系含浸剤を塗布する。

6.2 PC鋼材に沿ったひび割れ（ウェブ）

シーすおよびPC鋼材の調査結果は、グラウトの充填不良は錆もなく、健全であることが確認できた。ひび割れは施工時の乾燥収縮が原因と考えられるが、水の浸入を防ぐため6.1の補修工法による対策とする。

6.3 橋面の排水・防水対策

床版上面には凍害を受け、一部脆弱化している部分もあった。本橋梁は最も高い管理グレードの分類であることから、損傷状況によらず橋面防水は複合防水工を採用する（図-9,10）。

7. まとめ

古い時代の橋梁には、点検や維持管理性への配慮が十分ではないものもあるが、見えない部分の診断こそ放置する訳にはいかない。とくに積雪寒冷地特有の劣化現象に対しては、効率性、信頼性、低コストの診断技術の開発が重要である。

参考文献

- 1) 札幌市建設局土木部道路維持課：札幌市橋梁長寿命化修繕計画，2010.7
- 2) 独立行政法人土木研究所：非破壊検査を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル，P.117，2003.10
- 3) 社団法人日本道路協会：道路橋床版防水便覧，P.67，2007.3

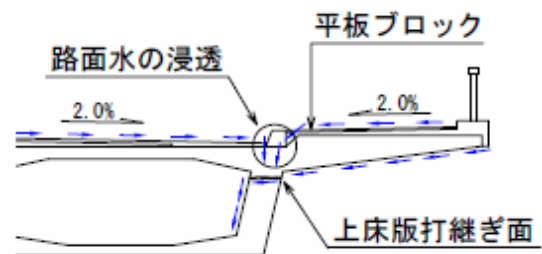


図-8 ウェブに遊離石灰を生じさせた水の経路

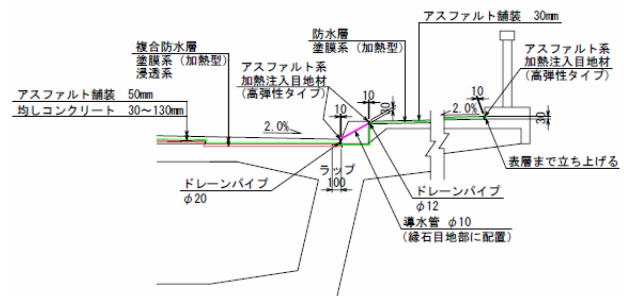


図-9 橋面排水と防水層の構成

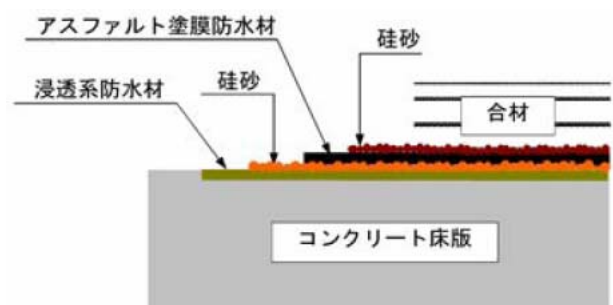


図-10 複合防水(二重防水)工の構成図