

PC連続合成桁橋の損傷傾向分析と補修対策検討

西日本高速道路(株) 法人会員 ○狛 忠弘
西日本高速道路(株) 正会員 宮田 弘和

1. 背景と目的

我が国の高速道路においては、供用年数が長い橋梁が数多く存在し、それに伴い劣化が顕著になってきている。その中のひとつとして、NEXCO西日本が管理するコンクリート橋のうちPC連続合成桁橋における劣化損傷が近年多く報告されている。定期点検結果に基づき劣化損傷の特徴や傾向を分析し劣化原因を明らかにするとともに、当該形式の構造特性を踏まえた補修補強方法を検討した。本稿では、PC連続合成桁橋の採用の歴史、構造特性とともに、中国管内における代表的な損傷が生じた2橋に対する検討事例を報告する。

2. PC連続合成桁の採用の歴史と構造特性

PC連続合成桁橋は、昭和38年に我が国で初めて名神高速道路にて採用された。この背景には、単純桁を並べただけの単純桁橋から単純桁を連続したPC連続合成構造にすることで、快適な高速走行を目指したことにあった。PC連続合成桁の構造別部材の区分を図-1に示す。PC連続合成桁は主桁・横桁の他、中間支点上のPCケーブルを配置した1次床版と、RC構造である2次床版で構成されている。また施工順序としては図-2に示すとおり、プレキャストPC単純桁を仮支点上に架設し連結した後、中間支点上の1次床版にプレストレスを導入するものである。なお連続後は2点の仮支承から1点支承に置き換えている。その後、日本道路公団は標準設計に着手し、多くのPC連続合成桁橋を建設した。しかし、中間支点上の床版へのプレストレス導入に関しては、施工面での複雑さが多く、早期施工等の面からRC構造による連続構造に切り替わり、現在では、PC構造による連続合成桁橋の採用はされていない状況である。

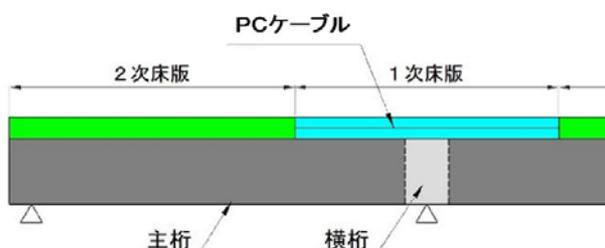


図-1 PC連続合成桁橋の部材区分(側面図)

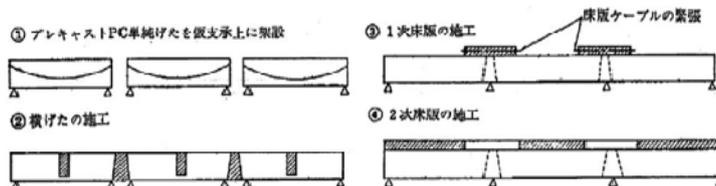


図-2 PC連続方式の施工順序

3. 主な損傷事例

PC連続合成桁橋の損傷事例として、中国自動車道A橋における1次床版の損傷状況を写真-1に示す。劣化は主にPC鋼材が内部に配置された1次床版の主桁と床版の境界付近に発生していることから、材料や環境よりも構造特性による影響を受けている可能性が高いと推測される。また、中国管内では凍結防止剤散布の影響による塩害劣化が多く見られ、鉄筋のみならず稀にA橋のようにPCケーブルの腐食が確認される場合もあり、1次床版における類似の劣化損傷は多数の橋梁で報告されている。



写真-1 1次床版上面の損傷事例

キーワード PC連続合成桁、1次床版

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井2-26-1 西日本高速道路(株)中国支社 TEL082-831-4111

また、広島自動車道 B 橋における主桁の損傷事例を写真-2 に示す。点検により主桁（下部）のかぶりコンクリートの浮き剥離が確認され、あらかじめ剥落防止ネットが設置されていたため剥落事象には至らなかったものの、劣化部等を除去すると鉄筋が腐食していた。このような主桁の局所的な損傷が管内で十数橋報告されている。



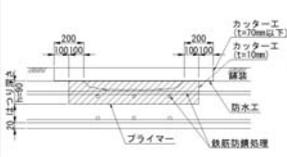
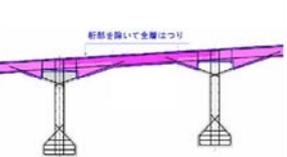
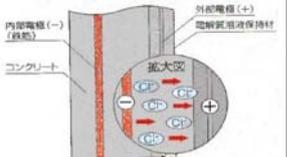
写真-2 主桁(側面)の損傷事例

4. 補修補強検討

(1) A橋の対策検討

対策工法の検討にあたり、床版劣化の要因である内在塩分の除去の観点より、以下の表-1 の通り比較した。プレストレスへの影響に配慮するとともに確実な塩分除去のために、床版は全面打替えを基本とした。

表-1 対策工法の比較

対策	部分打替・断面修復	全面打換え	脱塩工法
概要図			
工法説明	劣化部（塩分浸透部）のみを部分的にはつり、または、全層を打ち抜いて、新しいコンクリートを打設する方法。	床版全面のコンクリートを全層ではつり撤去し、新しいコンクリートを打設する方法。	コンクリート内の内在塩分を電気化学的に除去する方法。コンクリートの切削等がわずかで済むため、プレストレスへの影響はほぼ無い。
適用性	床版内に PC 鋼材が配置されている本構造では、部分的な打換えは採用不可。断面修復についてもプレストレスへの影響から深くはつれない本構造では十分に塩分除去できず耐久性が低い。	PC 鋼材も含めて撤去するため、採用可能。確実に塩分除去もできるため、対策後の耐久性も高いものが期待できる。	塩分濃度が高い場合は、十分除去できない可能性が高い。また、劣化により、浮き、剥離している部分は除去が必要のため、断面修復工との併用が必要となる。
評価	×	◎	△

1次床版を打替えるにあたり、床版内に配置されている PC 鋼材は撤去されるため、床版新設時に現状の主桁構造を再現するには、新たにプレストレスを与える必要がある。現状と同様に1次床版内に PC 鋼材を配置すると、将来に部分的な床版補修（断面修復等）が必要となる場合には、はつり時の断面欠損に伴う影響が懸念されるため、1次床版内に PC 鋼材を配置しないで済むような構造への変更が有効であると考えた。そこで、A橋においては、図-3 のように外ケーブル補強を行う方針とした。この他には、連続構造を2点支承に取替え、RC構造とすることも考えられるが、A橋は耐震対策済みであるため構造変更は行わないこととした。



図-3 外ケーブル配置の概略図（側面）

(2) B橋の対策検討

図-4はB橋の主桁ケーブル形状を示しており、写真-2の劣化損傷は1次・2次床版の施工継目部（施工目地）で生じていた。図-5は損傷箇所（1次・2次床版の継目位置）の断面図であり、主桁下部の側面と下面のかぶりコンクリートが剥離している状況であった。また、一部のPC鋼材で局所的な腐食が確認されたが、グラウトの充填不足は無く、他のPC鋼材の変状は見られなかった。

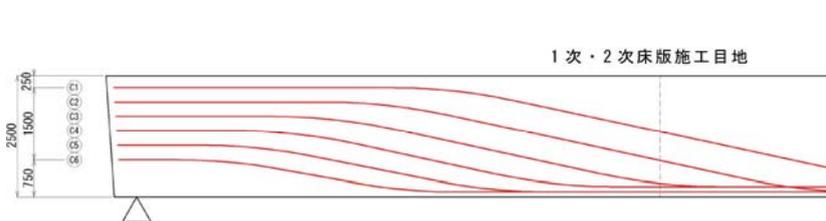


図-4 主桁ケーブルの配置

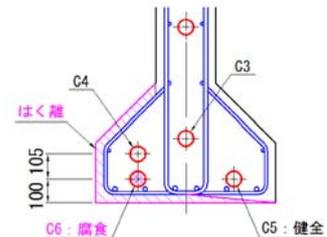


図-5 主桁損傷箇所断面図

床版上面の状態を確認するため、舗装を開削した状況を写真-3に示す。排水ます周辺においては、床版の劣化損傷の程度は軽微で、床版下面からの観察においても漏水箇所（遊離石灰発生箇所）は排水ますから離れた位置であった。床版上面で確認した打継目の位置は、床版下面側の漏水箇所とほぼ一致していたことから、1次床版と2次床版の打継目からの漏水が主桁損傷の原因と考えられる。図-6に示すように、張出し床版部からの漏水が主桁側面に流れ、その中に含まれる凍結防止剤の塩分によって鉄筋腐食が発生したものと考えられる。

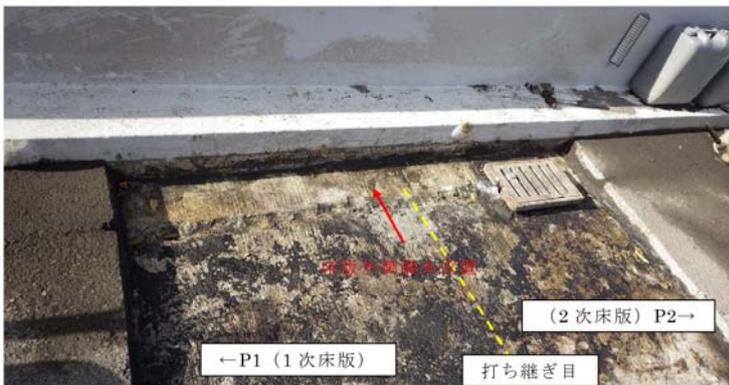


写真-3 損傷部近傍の床版上面の状況

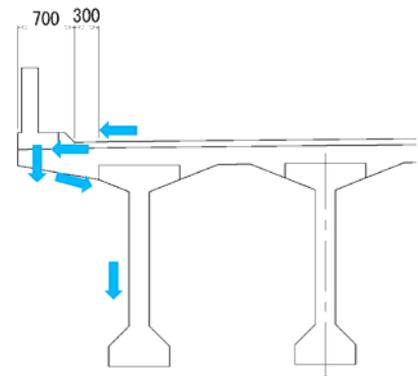


図-6 漏水経路イメージ

以上の劣化要因を踏まえ主桁の補修方法を検討することとした。着目点としては、①塩分除去、②劣化因子の供給停止、③PC鋼材腐食の影響である。①塩分除去に関して、今回対象とする橋梁はPC構造であるため、深くはつれず、浮部の除去のみとするため、塩分吸着材入セメントによる断面修復を用いる方法（SSI工法）を採用する方針とした。

次に②劣化因子の供給停止に関しては、床版防水による漏水対策が基本となる。この他には、現地の状況に応じて排水管補修やハンドホール補修などの対策も重要となる。また、③PC鋼材腐食の影響に関しては、今回の損傷では1主桁あたり6本配置されたPCケーブルのうち1本において局所的な腐食が確認されており、実際には破断していないが、仮にケーブル1本が破断した条件を考慮して照査した。継目位置及び支間中央における主桁下縁の応力度は許容値を満足することが確認できたため、外ケーブル等による補強は不要と判断した。

5. まとめ

本稿では、中国管内の2橋を対象として、PC連続合成桁橋における主な劣化損傷に対する検討事例を示した。今後は、より詳細な設計検討に着手するとともに、工事に伴う交通規制等による社会的影響を最小限とするため工程短縮が可能な施工方法等を検討する予定である。

参考文献

- 1) 高速道路調査会：高速道路はじめて辞典，1997, 9
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編，2012, 3
- 3) 西日本高速道路株式会社：設計要領第二集，2017, 9