

## 高速道路のPC橋に関する点検の着目点について

プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 工博 徳光 卓  
 西日本高速道路(株) 正会員 工修 本荘 清司  
 西日本高速道路(株) 正会員 工博 横山 和昭  
 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 牧 博則

### 1. まえがき

中国自動車道(以下、中国道)は1970年の吹田JCT-中国豊中ICの開通を皮切りに、1983年の全線開通まで13年間で建設された。また、山陽自動車道(以下、山陽道)は1982年の龍野西IC-備前ICの開通から1997年の全線開通まで15年間で建設された。中国地方の高速道路網を図-1に示す。2009年現在の中国地方の高速道路使用延長は1025kmであり、700橋あまりのPC橋が存在する。また、それらのPC橋のうち、最も古いものは供用後35年となっており、経年による劣化を生じた橋梁も顕在化しつつある。

高速道路の管理業務においては、常にお客様へ100%の安全・安心を提供することをめざし、ライフサイクルコストを考慮したうえで、道路構造物の老朽化への対応を適時適切に実施し、次世代にできるだけ健全度の高い道路を引き継ぐことが必要であることは官民を問わず疑いのないところであろう。本報告では、中国地方の高速道路のPC橋について、建設年次が古い中国道と比較的新しい山陽道の橋梁を中心に、今後の点検の着目点に関する検討結果を紹介するものである。



図-1 中国支社地方の高速道路網

## 2. 中国地方の高速道路のPC橋とその劣化環境

### 2.1 中国地方のPC橋の特徴

中国地区は山間地が多く、中国地方の高速道路は山間部を縫うように走っていることに特徴があるため、橋梁の多くは谷あいや山肌に位置し、冬期の降雪や路面凍結が懸念されることは少なくない。PC橋の構造形式は中国道では合成I桁橋やT桁橋があり、山陽道では箱桁橋やI桁橋、中空床版橋が

多くなっている。いずれの路線も建設時に橋面防水工は施工されておらず、本線橋、OVともにPC橋が多数存在する。

中国道のPC橋は、建設年代の関係で12 8mmなどのPCケーブルが使用されており、上床版への上縁定着や、床版下面に突起を設けた定着方法もとられている。山陽道はマルチワイヤーケーブルからマルチストランドケーブルへの切り替えが進んだ時期にあたり、中国道に比べて上縁定着などは少ない。また、山陽道はPC鋼棒を用いた張出し架設工法が多く採用された時期であり、中国道に比べて長支間のPC橋が多いことに特徴がある。

## 2.2 中国地方PC橋の劣化環境と劣化状況

中国道は中国山地を東西に結ぶルートにあり、下関などの一部を除いて海岸線からの距離が遠く、飛来塩分の作用はほとんど受けない。山陽道は広島市、岡山市などの都市を結ぶ路線であり、瀬戸内海寄りに位置するが、この路線も台風などの特殊な気象条件を除けば飛来塩分の作用をほとんど受けることはない。中国地方の骨材は一部にアルカリ骨材反応を生じるものがあり、一部の橋梁で劣化が顕在化しているものもある。また、一部の橋梁を除けば除塩不足の海砂などの塩化物イオンを含む骨材の使用もない。平成20年度における道路別日平均交通量は中国道で0.8万台、山陽道で3.3万台であり、疲労に対しては山陽道の方が厳しくなっているが、東名・名神高速道路などの重交通路線に比べれば疲労作用が問題となることはほとんどない。

一方、特に中国道は山間部の路線であるため冬期の降雪は多く、路面凍結を防ぐ必要性も高い。そのため、除雪作業のほかに凍結防止剤(NaCl)を散布することが多くなっている。このようなことから、写真-1, 2に示すような凍結防止剤に含まれる塩化物イオンによる劣化が顕在化しており、特に、伸縮継手部からの漏水が作用する桁端部、支承、下部工の塩害や、路面からの浸透水が作用する床版の塩害が顕在化しているものもある。



写真-1 凍結防止剤による桁端部の劣化



写真-2 凍結防止剤による床版の劣化

## 3. PC橋の点検における着目点

### 3.1 国内外におけるPC橋の落橋事例とその原因

維持管理対策を検討するにあたって、日本国内や海外におけるPC橋の落橋事例に着目した。表-1に落橋事例の一覧を示す。これらには風水害や地震などの災害による落橋事例は含まれていない。パオオの事例を除けば、いずれの事例も落橋原因はPC鋼材が腐食破断したために生じたものである。Ynys-Y-Gwas橋など、セグメント目地やグラウトの充てんに問題があった事例を含めて、海外の事例では、PC鋼材の腐食破断はPC鋼材に凍結防止剤などに含まれる塩化物イオンが作用したために生じている。

また、表には記載していないが、国内外におけるPC橋の落橋事例の多くで、落橋が「何の前触れもなく突然に」生じたと報告されている。PC橋の特性として、PC鋼材の腐食に伴う耐荷力の低下は外観からは判別しにくく、維持管理においては、PC橋が脆性的な破壊形態となりやすいことを考慮しなければならない。

アルカリ骨材反応や中性化などに伴うコンクリート片の剥落は第三者災害に直結するため見逃すことはできないが、調査した範囲内では、これらの劣化現象が落橋のような重大な災害につながった例は認められなかった。

表-1 国内外における主なPC橋の落橋事例と原因(災害による落橋を除く)

橋名	国・場所	落橋年	落橋原因
新菅橋 <sup>1)</sup>	日本・長野県	1989	外ケーブルPC鋼材の破断，無点検
島田橋 <sup>1)</sup>	日本・岐阜県	1990	斜版橋の斜材の腐食によるPC鋼材の破断，無点検
Bickton Meadows 橋 <sup>2)</sup>	英国	1967	セグメント目地への凍結防止剤浸透によるPC鋼材の破断
Ynys-Y-Gwas 橋 <sup>3)</sup>	英国	1985	セグメント目地への凍結防止剤浸透とグラウト充填の不良によるPC鋼材の破断
Schelde 川橋 <sup>2)</sup>	ベルギー	1992	ヒンジを貫通するPC鋼材への凍結防止剤を含む水の作用による腐食破断
Low's motor speedway 橋 <sup>4)</sup>	米国	1995	塩化物を多量に含むグラウトの使用によるPC鋼材の破断
Koror - Babeldaob 橋 <sup>5)</sup>	パラオ	1996	センターヒンジのたれ下がり補修の不良による桁のせん断破壊と推測
Lake view drive 橋 <sup>6)</sup>	米国	2005	凍結防止剤を含む浸透水によるPC鋼材の破断

### 3.2 塩化物イオンとPC鋼材の重要性

予防保全を行う上で最も重要な工程は点検である。点検は維持管理の入り口であり、ここで重大な劣化を見逃すとその後の調査、補修という対策につながっていかない。しかしながら、中国地方の高速道路にはPC橋だけでも数多くあり、鋼橋やRC橋、トンネルや盛土・切土など、維持管理すべき対象は多く、点検は効率的に行なう必要がある。

中国地方のPC橋の劣化環境や劣化状況、さらに国内外における落橋事例を総合して判断すると、凍結防止剤による塩害が最も懸念される。塩化物イオンがひとたびコンクリート中に浸透すると、塩化物イオンによる腐食作用の抑制や、塩化物イオンの除去などの対策に多大なコストを要するだけでなく、対策工事に伴う交通規制によりお客様の便益を損なうことにもなりかねない。また、高速道路本線のPC橋の架け替えは非常に困難であり、橋梁の部分的な取替の手法も確立されていないため、事後保全に頼るのは好ましいとは言えない。

さらに、塩化物イオンの作用位置とPC鋼材との関係を考慮することも重要である。特に、支間中央部の下フランジや下床版、連続桁中間支点上の上床版、上縁定着されたPC鋼材の定着部などにおいて、PC鋼材に直接塩化物イオンが作用すると耐荷力低下の危険性が高まるため、これを予防することが重要である。

したがって、PC橋の維持管理においてはコンクリート中への塩化物イオンの浸透を抑制し、腐食発生限界濃度に達しないよう予防保全を行なうことが必要である。点検においては、塩化物イオンの浸入位置とPC鋼材位置との関係に着目して行なうのが合理的と考えられる。

### 3.3 点検における着目点

コンクリート中の塩化物イオンが低濃度に保たれていることを検証するためには、点検においてコンクリートから試料を採取し、その塩化物イオン濃度を測定することが必要となるが、全てのPC橋に対して測定を実施することは困難である。ここで塩化物イオンの浸透について考察する。薬剤散布された直後の凍結防止剤はNaCl分子として存在し、浸透性や鋼材腐食性を持たない。これが水に溶解し、水溶液が浸透することで、コンクリート中に塩化物イオンが持ち込まれることになる。また、薬液散

布される場合はすでに水溶液となっており、これがコンクリート中に浸透する。このように鋼材の腐食には水の存在が不可欠である。

このことからPC橋の維持管理においては、水の浸透に着目するのが合理的と考えられる。写真-3に水染みを生じたPC合成桁の床版を示す。PC合成桁の床版はRCであるが、連続合成桁の場合、中間支点上には橋軸方向にプレストレスが導入されており、ここに塩化物イオンを含む水が浸透すると、PC鋼材が破断し、床版の耐荷力低下だけでなく、主桁の耐荷力低下を生じる懸念もある。



写真-3 水染みを生じた PC 合成桁の床版

現在、点検における劣化は、ひび割れや浮き、はく落、錆汁の発生によって判断しているが、このように劣化の原因や部位によっては、鋼材腐食の兆候が確認された段階では、塩化物イオンの濃度が腐食発生限界を大きく超え、床版や主桁の耐荷力が低下し、補修も大掛かりなものとなる危険性がある。

現在の点検結果の評価では、このような「水染み」よりも、はく離やひび割れを重視している傾向がある。PC橋の点検においては、PC鋼材の腐食による橋梁の破壊形態が脆性的となる危険性を考慮すれば、このような水染みを確認した段階で、PC鋼材との位置関係を考慮して耐荷性への危険性を判断し、塩化物イオン濃度の測定を行ったうえで、必要な対処を行なっていくのが良いと考えられる。

#### 4. あとがき

本稿では中国地方の高速道路に対する点検の着目点について、検討結果を報告した。今後は引き続きこの考察に基づく合理的な点検手法ならびに調査手法と評価手法を確立し、予防保全の実施と併せて着実な橋梁の維持管理を行っていくべきと考えている。

本検討結果は中国地方のPC橋梁の劣化環境や状況に特化したものであり、全国のPC橋にそのまま適用できるものではない。しかし、スパイクタイヤの禁止以降、高速道路に限らず一般道路においても凍結防止剤の散布量は増大していると考えられ、今後、これが原因の塩害の多発が懸念される。本稿がこのような塩害の予防保全に寄与できれば幸いである。

#### 【参考文献】

- 1) 日経コンストラクション編：建設事故，日経BP社，2000.4
- 2) Podolny W. et al. : Performance of Concrete Segmental and Cable-Stayed Bridges in Europe, Report FHWA-PL-01-019, 2001
- 3) R.J.Woodward : Collapse of a Segmentsl Post-tensioned Concrete Bridge, Transportation research record 1211
- 4) Office of Senator Elizabeth Dole : Bridging the Gap: How to Prevent Disasters such as the Collapse of the Lowe's Motor Speedway Pedestrian Bridge , Final Report, 2006
- 5) Matthias Pilz : The Collapse of the K-B Bridge in 1996, LACER No. 2, pp.43-52, 1997
- 6) Pittsburgh Post-Gazette : Bridge collapses in Pennsylvania; trucks, salt likely to be cause, 2005