

既設コンクリート道路橋桁端部の腐食環境改善への取組み

村越 潤・田中良樹・藤田育男・坂根 泰・田中健司・植田健介

1. はじめに

既設道路橋の桁端部は、凍結防止剤を含む路面からの水によって、厳しい腐食環境に置かれている。近年、コンクリート橋の桁端部における塩害も報告されている。CAESARではその対策の一つとして、コンクリート橋の桁端部用排水装置の開発を行うため、「道路橋桁端部の腐食環境改善技術に関する共同研究」を、東拓工業(株)及び(株)ビービーエムの2社と個別に実施している。本文では、本共同研究における現地調査やCAESARで行った現地調査の結果を踏まえながら、排水装置の開発において必要となるコンクリート橋の桁端部に関する知見を整理するとともに、コンクリート橋桁端部用排水装置の開発における留意点と共同研究の取り組み状況を述べる。

2. 桁端部の腐食環境改善の必要性と課題

道路橋の桁端部は、狭隘なため湿気がこもりやすい上に、場合により塩分を含む水が伸縮装置から漏水すること等により、鋼部材、コンクリート部材ともに腐食(塩害)が生じやすい部位である(図-1)¹⁾。特に、コンクリート構造物の著しい塩害は、補修・補強が容易でなく、維持管理における大きい負担となる²⁾。作業空間が狭い桁端部で塩害が生じると、その対応はさらに難しいため、補修だけでなく、橋の架け換えに至ることも想定しておく必要がある。凍結防止剤による桁端部の塩害は、止水、排水の対策が十分でなければ、散布量と時間に大きく依存すると考えられ、ある時期を過ぎると路線単位で一斉に桁端部の塩害が発生することが懸念される。既にコンクリート橋の桁端部の塩害事例が報告されており³⁾、桁端部の塩害多発を防ぐための猶予がないと考えておく必要がある。「できるだけ多くの橋で、かつできるだけ早期に、コンクリート橋桁端部の腐食環境を改善する手法」の開発が喫緊の課題である。

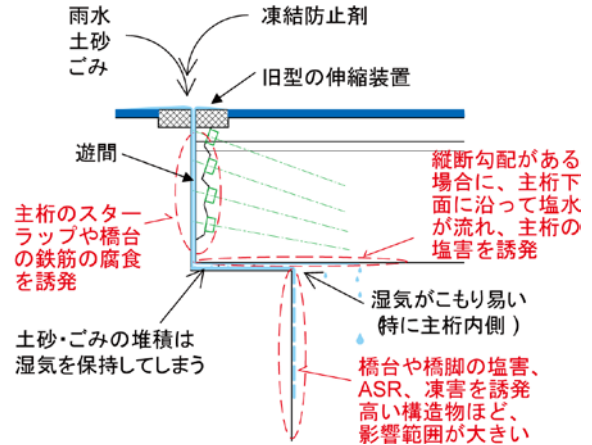


図-1 PC橋桁端部の腐食環境(概念図)

最近の新設橋では非排水型の伸縮装置を用いることで、桁端部の維持管理への配慮がなされるが、既設橋では、管理者や路線によっては伸縮装置の非排水化が容易に進展しない場合がある。また、非排水型の伸縮装置に取り換えた後も、比較的早期に漏水が見られる事例が報告されている。

支間20~40m程度の一般的なコンクリート橋の遊間は、狭く、直接目視が容易でない空間であり、遊間内部のディテール(完成形での詳細構造の他、コンクリート面の凹凸や劣化の程度を含む)はほとんど把握されていない。その中の必ずしも平坦でない壁面になんらかの材料を設置して、止水や排水を確実にすることは容易でない。

近年、他機関においてもコンクリート道路橋の腐食環境改善に関するさまざまな取り組みが報告されている^{4),5)}。これらの先行事例も踏まえつつ、桁端部の遊間の現状把握、課題の抽出、関係機関との意見交換を行いながら、腐食環境改善の具体策を提案、普及していくことが重要と考えている。

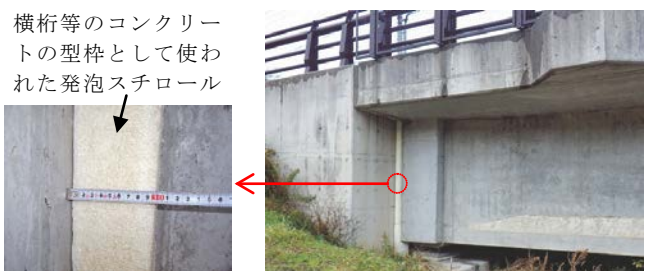


写真-1 PC橋の桁端部の事例

3. 既設コンクリート道路橋の遊間の調査結果

共同研究で、桁端部用排水装置を実橋の遊間に試験設置するため、ごく一般的と考えられるコンクリート道路橋21橋を任意に選定して、遊間に関する現地調査⁶⁾を行った。その結果を踏まえて、排水装置設置の観点から遊間の状態を概観する。

3.1 遊間長

写真-1に、プレストレストコンクリート(PC)道路橋の桁端部の一例を示す。設計上の遊間長は、温度変化の影響、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮、活荷重たわみ、支承条件、施工時の余裕量を考慮して決定される。共同研究で実施した桁端部の調査では、図-2に示すとおり、遊間長が概ね設計値どおりの橋が多く見られた。しかし、写真-2のように、橋台の側方移動などにより、遊間が設計値よりも極端に狭い橋が一部に見られた。また、PC桁が多数並べられたPC床版橋では、図-3のように桁の設置位置がずれて、桁ごとに遊間長が異なり、床版橋の端面に凹凸が生じている橋が見られた。

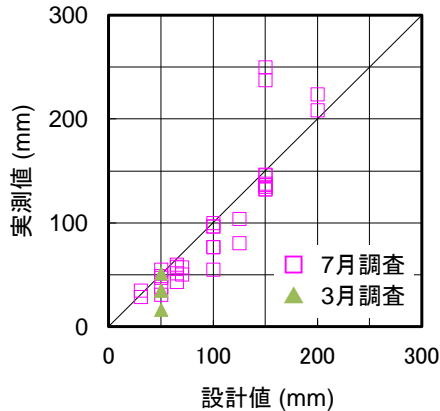


図-2 コンクリート橋の遊間長の測定結果

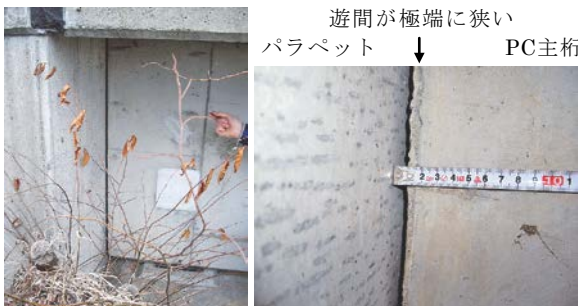


写真-2 異常遊間事例

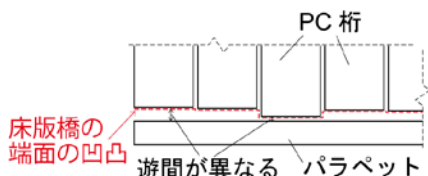


図-3 PC床版橋の遊間の凹凸のイメージ (平面図)

3.2 遊間を跨ぐ落橋防止装置やライフライン

図-4に例示するとおり、遊間を跨いで、電気、ガス、通信、水道などのライフラインや落橋防止装置が配置されている事例が多く見られる。また、写真-3のように、変位制限構造としてのコンクリートブロックが遊間の側面を覆っていて、橋の側面から遊間の状態を確認できない橋があった(遊間が見えるようにブロックが配置された橋もある)。

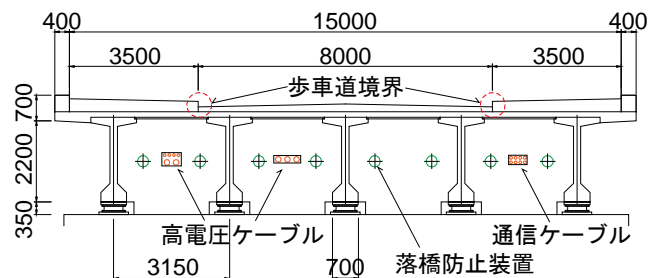


図-4 遊間を跨ぐ添架物及びPC落橋防止装置の例



写真-3 遊間の側面を覆うコンクリートブロックの例

3.3 遊間を塞ぐ発泡スチロール

支間10m未満の短い既設コンクリート道路橋では、目地板ジョイントとして、発泡スチロールなどの目地板が配置されていることがある⁷⁾。また、写真-1のように、桁端部の横桁打設時の型枠として使用されたと考えられる発泡スチロールが残存している事例が多く見られる。発泡スチロールは、横桁にしっかり付着したままの場合もあれば、コンクリートから剥離して橋台上に落下しているものもあった。

3.4 遊間の漏水

調査したコンクリート道路橋のうち、半数は非



写真-4 橋台前面の漏水

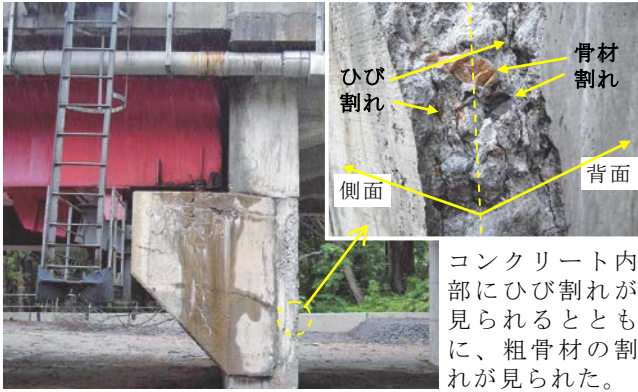


写真-5 橋脚側面の漏水(鋼橋の例)



写真-7 歩車道境界の止水ゴムの損傷(左)とその直下の桁端部の漏水(右)

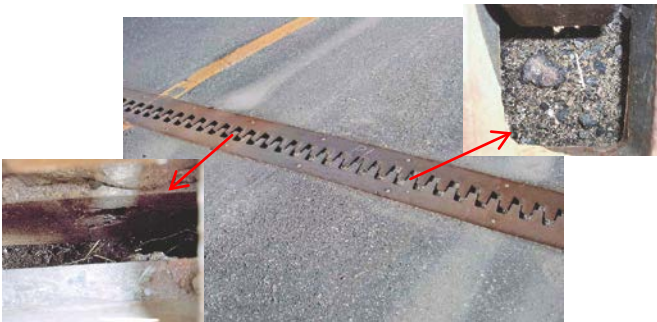


写真-6 PC橋の遊間の土砂堆積

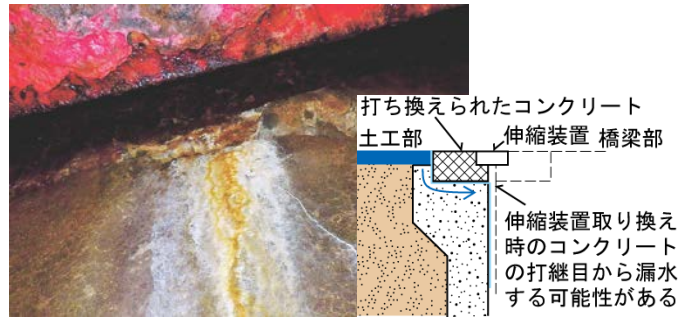


写真-8 打継目からの漏水の可能性 (右下は推定図)

排水型の伸縮装置が使用されていたが、調査対象のほとんどの橋で伸縮装置からの漏水が見られた⁶⁾。また、調査した橋のうち1990年以前の橋では、道路橋伸縮装置便覧⁷⁾に示される旧型のゴムジョイントの事例が多かった(9橋中6橋)。旧型のゴムジョイントはゴムで止水機能を有すると考えられていた⁷⁾。しかし、ゴムジョイントを用いていても、ほとんどの場合に漏水が見られ、写真-4、5のように、路面からの水が橋台や橋脚の前面や側面に流れ落ちる様子が見られた。また、旧型の鋼製フィンガージョイントのように止水機能がない場合は、路面の土砂が水とともに流れ落ちて、写真-6のように遊間に堆積する事例が見られる。鋼製の伸縮装置の場合には、樋が付帯される場合があるが、土砂の堆積によって、樋の排水機能が失われ、路面の水が樋からオーバーフローする事例があった。



写真-9 伸縮装置からの漏水及び橋台背面からの流水の凍結 (鋼橋の例)

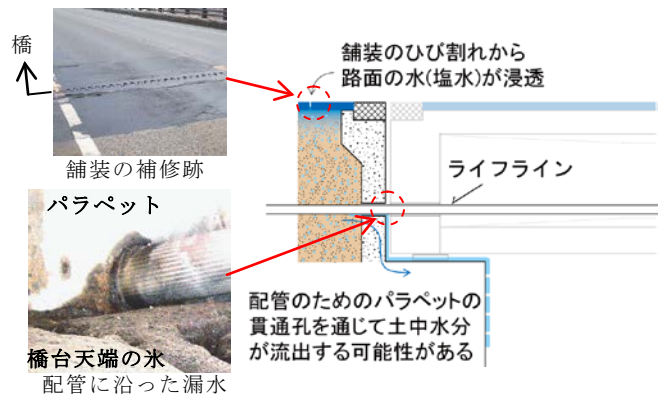


図-5 橋台背面からの漏水経路の想定図

車道部は非排水型の伸縮装置でも、歩道部が非排水型でなかったり、歩道部と車道部の境界で伸縮装置が連続していなかったりして、漏水に至っている事例がある。写真-7に、供用年数12年の橋の路面の状態とその直下の漏水の状況を示す。歩車道境界でゴムによる止水処理がなされていても(写真-7左)、ゴムとコンクリートの剥離が生じたり、ゴムの割れが生じたりしている事例が見られ

る。止水ゴムの損傷は、経年劣化によるほか、積雪量の多い地域では、堆雪による負荷や除雪で雪をかきわける力による横方向の押し込みによる損傷も想定され、早い段階でゴムの止水機能が失われる可能性がある。また、ゴムジョイントでも、止水ゴムの継ぎ目が連続していない場合は、その箇所も漏水の原因となりやすいと推察される。

写真-8～9は鋼橋の事例である。写真-8は伸縮装置を取り換える際のコンクリートの打継目付近を撮影したものである。この事例では伸縮装置取り換え時のコンクリートの打継目にひび割れが見られた。打継目の施工によっては、このような打継目からも漏水する可能性があるかと推察される。写真-9は、伸縮装置からの漏水だけでなく、パラペット背面の水が図-5のようにライフラインの貫通孔を通じて流出したのも含まれ、それらが凍結したものである。

4. コンクリート道路橋桁端部の劣化事例

路面からの漏水がある場合、冬季の凍結防止剤の散布により、塩化物を含む水が桁端部の上部構造や下部構造に流れ、コンクリートの塩害や鋼部材の著しい腐食を引き起こす可能性がある(図-1、写真-10、11)。

また、写真-12～13に示すように、塩水はコンクリートの凍害を著しく促進する場合がある^{8),9)}。写真-12に示す事例では、落橋防止装置の背面にコンクリートの凍害が見られた。同装置とコンクリートの界面に浸入した塩水が表面張力により長期に保持され、凍害劣化を促進する環境を形成する可能性がある。写真-13は、凍害によりかぶりコンクリートが剥落して、添架物を固定するアンカーが露出した事例である。



写真-12 落橋防止装置を取り外した時に見られた橋台前面の凍害



写真-13 橋台前面の凍害 (写真-9と同じ橋台)

路面からの漏水は、アルカリ骨材反応(ASR)を誘発するだけでなく、塩化ナトリウムが含まれる場合にASRを促進することが懸念される⁹⁾。なお、写真-5の事例については、凍害とアルカリ骨材反応の両方の観点から劣化要因の調査を行っているところである。

塩害だけでなく、桁端部付近のさまざまな劣化を防ぐためにも、塩水の漏水を防止して、腐食環境を改善することが不可欠である。

5. 桁端部用排水装置の開発

共同研究では、腐食環境改善を目的とした、桁端部用排水装置の開発に取り組んでいる。桁端部用の排水装置とは、図-6のように、既設橋の側面から遊間に樋状のものを挿入して、伸縮装置を通



写真-10 PC箱桁端部下面の塩害事例



写真-11 橋脚上の鋼製支承の腐食

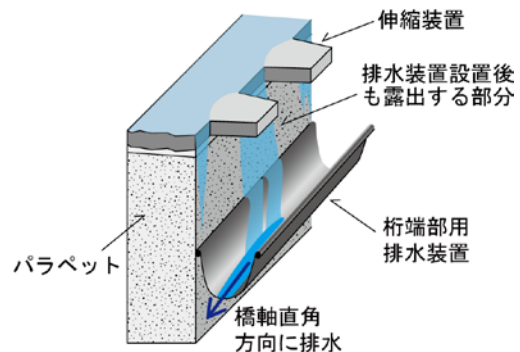


図-6 桁端部用排水装置の概念図

じて流れる路面の水を受けて、橋の側面に排水するものを想定している。前述のような遊間に配置するための桁端部用排水装置の開発を進める中で、留意点及び開発の方針として決めておく点を抽出するとともに、共同研究における取り組みの概況を示す。

5.1 開発にあたっての留意点

(1) 止水性

排水装置とコンクリートの境界部及び同装置の継手部(継手を設ける場合)は、その部分から漏水することなく、水を受け止められるように止水を行う。温度の影響や活荷重たわみなどの常時の遊間長の変化に対して、止水性が確保されるように配慮する。

(2) 排水性

塩水が遊間に滞水しないように、また、非排水型でない伸縮装置のときは、土砂等が容易に堆積しないように、排水勾配を十分に大きくする。排水先の二次損傷を防ぐため、流末処理に配慮する。

なお、排水勾配を大きくした場合、漏水が排水装置に到達するまでの間のコンクリート面が広く露出したままとなる(図-6)。コンクリート面の露出を軽減するためには、排水装置の形状の工夫や、コンクリート塗装などの他の被覆工法と併用するなどの配慮が必要になる。

(3) 位置、形状の保持(耐荷性、耐変形性)

設置した排水装置が、排水や土砂によって容易に沈下、変形することがないように固定、支持する。

(4) 凍結対策

排水装置の低温時の特性や、排水装置の周囲の水の凍結によって、上記1)~3)の機能が直ちに損なわれないようにする。また、排水装置の設置によって、周囲のコンクリートの劣化を促進させないように配慮する。

(5) 耐久性

排水装置、固定治具及び止水材の素材自体の劣化やリラクセーションによって上記機能が早期に損なわれないようにする。

(6) 施工性

多くの橋を対象に、腐食環境の改善を早期に実現するためには、排水装置の設置、撤去(取り換え)が比較的容易である必要がある。また、適時に漏水対策を行うには、一般供用しながら側面から施工できることが有利である。

5.2 開発の方針

ここでは、著者らの共同研究における開発方針を述べる。

(1) 適用の対象とする遊間長

適用可能な遊間長について、共同研究では、現存する数が多いと考えられる支間20~40m程度の単純PC橋を対象として、まず50mmを目標としている。当然ながら、遊間長に応じたさまざまな排水装置等の具体策が用意される必要がある。

(2) 排水装置の耐久性の考え方

排水装置の長期間の性能保持について、現時点では未知数の面がある。このことから、桁端部用排水装置は、恒久対策に至るまでの桁端部の劣化進行を当面抑えるための応急対策として適用することを想定している。後述する実橋での試験的な設置等を通じて、排水装置の耐久性についても検討していく。

5.3 適用にあたっての留意点

狭い遊間においても、施工時の品質管理、検査、部分補修が適切に行えることが望まれる。間接的には、排水装置設置後の漏水状況の確認や漏水のあった箇所の塩分調査によってある程度の検査が可能な場合がある。ただし、漏水状況の確認の際、前述の橋台背面からの漏水など、他の経路からの漏水と区別する必要がある。桁端部においても、ファイバースコープや検査ロボット等により、できるだけ直接、遊間内部の状況を把握する方法を持つ必要がある。既にそうした取り組みが報告されている⁵⁾。排水装置と同様、さまざまな遊間に対応できるよう、より使いやすい監視用のツールの開発が必要である。



写真-14 2径間連続PCコンポ橋における試験的な設置
ポリエチレン製排水装置を100mmの遊間に挿入



写真-15 単径間PC床版橋における試験的な設置
ゴム製排水装置を70mmの遊間に挿入

5.4 実橋での排水装置の試験的な設置

著者らの共同研究では、各社それぞれ得意な材料を用いて、排水装置を検討、試作するとともに、コンクリート橋の狭くかつ発泡スチロールで覆われた遊間への効率的な設置方法についてもさまざまな工夫を重ねている。現在、写真-14～15のとおり、実際の道路橋において試験的な設置を行い、効果確認のための経過観察と装置の修正を適宜加えるなど、実用化に向けた検討を続けているところである。

6. おわりに

本文では、桁端部の腐食環境改善が喫緊の課題であり、コンクリート道路橋の狭い遊間に設置可能な桁端部用排水装置等、その改善のための具体策が必要であることを述べた。

凍結防止剤の使用量が相対的に多い高速道路⁹⁾や主要国道(4章)では、コンクリート橋桁端部の塩害が既に顕在化している。しかし、この課題は、凍結防止剤を使用している管理者(沖縄県を除く国内の大半の道路管理者)にとって共通するものであり、道路橋桁端部の塩害に対する予防保全に早期に取り組む必要がある。

これと併せて、非排水型伸縮装置についても、実際にかかり得る外力を精査すること¹⁰⁾や、防水の観点から横断方向の連続性を確保することなど、要求性能を精査して、さらなる改善が望まれる。

謝 辞

試験施工にご協力いただいている秋田県及び島根県の方々をはじめ、調査にご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 田中良樹、村越潤：道路橋桁端部における腐食環境の評価と改善方法に関する検討、土木技術資料、第50巻、第11号、pp.16～19、2008.
- 2) 例えば、村越潤、田中良樹：既設道路橋コンクリート床版の耐久性向上に関する研究－既設床版の塩分浸透状況に関する実態調査－、土木研究所資料第4160号、2010.1.
- 3) 例えば、長谷俊彦、野島昭二、竈本武弘：これからの維持管理について－高速道路のPC橋における保全技術－、プレストレストコンクリート、51-2、pp.93～99、2009.
- 4) 鈴木裕二、東田典雅、清水尚志：既設橋の桁端漏水対策、橋梁と基礎、pp.17～21、2012.11.
- 5) 曾田信雄、武田弘次、佐藤信雄、大林敦裕：PC橋の桁端狭隘部の調査・補修工法、橋梁と基礎、pp.25～29、2012.12.
- 6) 田中良樹、村越潤、飯塚拓英、吉田英二：コンクリート道路橋桁端部の腐食環境調査、第30回日本道路会議、2013.10.
- 7) 道路橋伸縮装置便覧、(社)日本道路協会、1970.4.
- 8) 例えば、高橋正行、外門正直、志賀野吉雄：凍結防止剤がコンクリートの凍結融解抵抗性におよぼす影響、コンクリート工学年次論文報告集、13-1、pp.701～704、1991.6.
- 9) 融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会報告書・論文集、日本コンクリート工学協会、1999.11.
- 10) 高坂東児、遠藤雅司、小山田桂夫：積雪寒冷地域の伸縮装置に求められる性能検討、土木学会東北支部技術研究発表会、VI-9、2013.3.

村越 潤



独立行政法人土木
研究所構造物メン
テナンス研究セン
ター 上席研究員
Jun MURAKOSHI

田中良樹



独立行政法人土木
研究所構造物メン
テナンス研究セン
ター 主任研究員
Yoshiaki TANAKA

藤田育男



東拓工業株式会社
新規事業開発室
リーダー
Ikuo FUJITA

坂根 泰



東拓工業株式会社
技術部門開発グ
ループ開発第1チ
ームリーダー
Yasushi SAKANE

田中健司



株式会社ビービー
エム 技術本部長
Kenji TANAKA

植田健介



株式会社ビービー
エム開発本部 次長
Kensuke UEDA