

道路橋の排水装置に関する調査 ～腐食環境の改善に向けて～

田中良樹・村越 潤

1. はじめに

1990年代にスパイクタイヤの使用が禁止されてから、一般道においても、冬季の走行安全性確保のために、凍結防止剤の使用量が急激に増加している¹⁾。路面に散布された塩化物は、排水中に混入して橋本体に流下し、そのため鋼部材の著しい腐食やコンクリート部材の塩害を引き起こす事例が見られる²⁾。図-1に、路面に散布された塩化物の構造物への浸入経路を概念図で示す³⁾。既報^{1),4)~6)}のとおり、桁端部の漏水対策や床版上面の防水の徹底は喫緊の課題である。塩化物の浸入経路はそれだけでなく、排水管の損傷や流末水の思わぬ方向への飛散が、橋本体の耐久性に影響する場合がある。道路橋では、車両の走行安全性の観点から橋面上の雨水を速やかに排除するため、適切な排水が必要とされている⁷⁾。それだけでなく、凍結防止剤散布量の増加とともに、橋の耐久性確保の観点から、適切な排水が一層重要になっている。その排水のために大きな役割を果たす排水管については、これまで流量計算に基づく内径や勾配の設計が行われる程度であり⁸⁾、排水管自体の構造設計方法は示されていないのが現状である。

本文では、既設橋で見られた排水管に係わる不具合事例を示すとともに、道路橋排水装置の適切な設計法の構築に向けた課題を整理する。

2. 排水管に係わる不具合事例

2.1 排水管自体の損傷事例

図-1には、箱桁の内部に引き込んだ排水管の損傷により、箱桁内部に路面の水が滞水した状態を示した。写真-1は、その実例を示すもので、排水管の継手部からの漏水や排水管の破損により、結果的にPC箱桁の内部に路面からの塩水を引き込んでしまった事例である。内部に滞水した塩水は、やがてコンクリート部材の塩害を引き起こす一因となった²⁾。後に箱桁内部の排水管が撤去された。

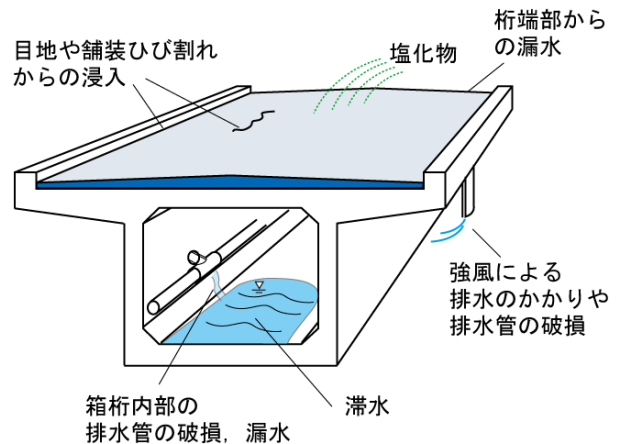


図-1 散布された塩化物の構造物への浸入経路（概念図）³⁾



写真-1 箱桁内部の排水管と継手部の損傷例^{2),3)}

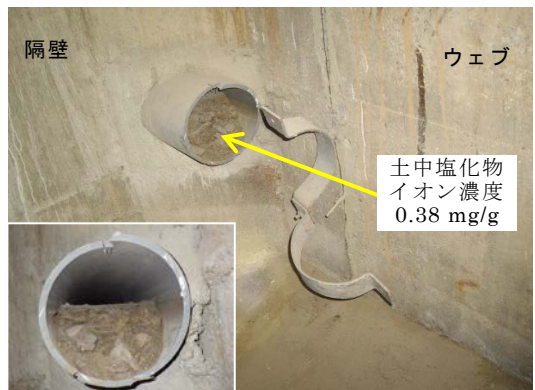


写真-2 箱桁内部の排水管中の土砂堆積（写真-1と同橋）

写真-2は、排水管撤去後における、中間支点上のコンクリート隔壁内に埋め込まれた排水管内部の状況を示す。排水管の内部に塩化物を含む多量の土砂が堆積していた。写真中に示す土中の塩化物イオン濃度は、乾燥土質量あたりに換算したものである⁴⁾。0.38mg/gは他の事例⁴⁾と比べて必ずしも大きい値ではなかったが、塩化物の混入を示す値であった。

写真-3に、鋼製排水管の腐食事例を示す。撤去が予定されていた橋で、塗装や排水管の維持管理は最小限にとどめられていたことから、より著しい腐食が見られた。鋼製の排水管は、外面は再塗装することができても、内面の塗装は難しく、かつ当然ながら内面を伝って路面からの塩水が流下することから、主として内面側から腐食が進行したと考えられる。内面は、塩化物が付着しても、すぐに洗い流される機会が多いと考えられるが、塩化物が介在する腐食が一旦始まると、腐食が徐々に進行すると考えられる。

2.2 流末水が構造物の劣化をもたらした事例

図-1にはまた、排水管の流末水が構造物にかかってしまう場合があることを示した。写真-4は、1961年に建設されたPC橋で、外桁の近くに配置された排水管の末端が外桁の下フランジに近接していた。PC鋼材の腐食に対する応急処置として、PC桁の下フランジの一部に赤い塗装が施されていた。この橋のこの部分だけにPC鋼材の腐食による露出が見られた（浮き部分をはつり落としたと考えられる）。この橋は、日本海の海岸線から約40km内陸に位置していた。また、他の部位に写真-4と同様の塩害の症状は見られなかった。このことから、排水管からの塩水が影響を及ぼした可能性が高いと考えられたが、PC鋼材の腐食は外桁の内側寄りのみで、かつ排水管の位置よりも支間中央側にやや離れた位置で見られた。写真-4の中に矢印で冬季の卓越風向を示す。橋軸が南北にほぼ平行であるのに対して、冬季の最大瞬間風速(4~7m/s程度)の卓越風向は北北西の場合が圧倒的に多い箇所であった。このことから、内陸で季節風の程度が沿岸部ほど厳しくないとは言え、冬季の風と、排水管の末端の位置が主桁下面に近かったことから、流末水が飛散して主桁にかかってしまい、局所的に塩害が生じたものと推察される。なお、桁の外側は、雨水により比較的洗われ易いことも、塩害が外桁の内側寄りに限られていたことと関係していたと考えられる。



写真-3 鋼製排水管の腐食事例



写真-4 季節風により排水が主桁にかかり腐食した事例³⁾

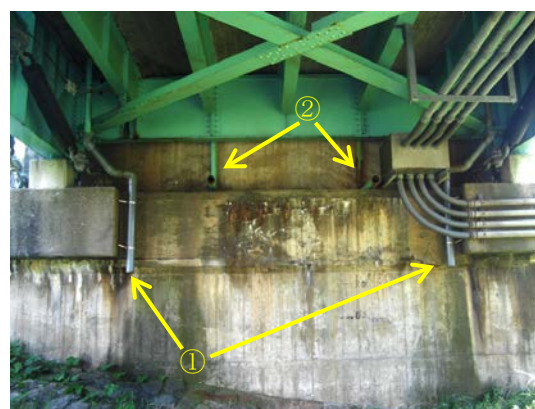


写真-5 流末処理と下部構造の劣化

写真-5は、1965年に建設された道路橋の桁端部の状況を示す。橋台にさび汁やひび割れが見られ、塩害やコンクリートのアルカリシリカ反応が疑われる。これらは、桁端部からの漏水によって生じていた可能性があると考えられる。写真を撮影した時点(2012年)で、写真中①で示すとおり、元の排水管に塩化ビニル管(以下「塩ビ管」という。)を接続して延長し、排水が上部構造や支承に直接かからないように配慮されていた。また、写真中②で示すとおり、桁端部に鋼製の樋が配置され、その排水が橋台前面に排水されるように配管されていた。ただし、配水管①、②ともに、橋台前面から外側(写真では手前側)に若干離れている程度であるため、流末水

が風によって容易に橋台にかかるものと考えられる。

参考として、写真-6に、強風下における流末水の飛散状況を示す。冬季の季節風が厳しい、日本海沿岸部の道路橋でビデオ撮影を行った。撮影したのは11月末であったが、天候が悪く、平均風速10m/sを超える厳しい風が吹いていた。橋の周囲では、常時一定以上の風が吹いているにもかかわらず、多主桁の下では風が乱されるため、ときおり同写真の①のように、自然流下に近い状況が見られた。排水管の下端が斜めに切断されていると、自然流下では、水が垂直に落下する場合と、下端の角度に沿った方向に流れ落ちる場合（同写真の①）が交互に見られる。厳しい横風がある場合には、風向きに沿って同写真②～③のような流末水の側方への飛散が繰り返し見られた（①～③が繰り返された）。

2.3 流末水の凍結事例

写真-7に、排水管からの流末水が凍結して、排水管よりも太く長く成長した、つららの事例を示す。前日に降雨、降雪はなかったが、12月中旬で既に路面に積雪があったため、凍結防止剤や昼間の気温上昇に伴う融雪水が排水管を流下して、凍結したものと考えられる。写真-8は、橋台前面付近に流末がある排水管で、やはり流末水が凍結した事例である。

両橋は2000年以降に建設された橋であり、比較的太い径の排水管が使用されていたが、いずれも流末での排水の凍結により、十分な排水が期待できない状況であった。写真-7のような状況では、風を受ける面積や固定部付近にかかる曲げモーメントのアーム長が増加し、かつ氷の重さが加わることによって、排水管やその固定具にかかる負荷が大きく変化すると考えられる。

3. 排水管の構造設計の必要性

3.1 供用下の排水管に作用する外力

排水管に作用する外力としては、死荷重、温度変化、風、地震など、橋本体と同様の影響に加えて、排水管内の堆積物による荷重、活荷重による振動や排水の脈動などの影響も想定される。写真-1(下)に示した排水管の損傷では、この写真が残されているだけであったため、その原因は明確でない。この損傷の外的要因として、次の点があげられる。a) 橋と排水管の線膨張係数の違いによる伸縮量の差により継手強度以上の負荷がかかった。b) 写真-2に示し

たように、排水管中には土砂の堆積土と詰まった排水による重量増により継手強度以上の負荷がかかった。c)、a)やb)に車両走行等による振動が加わった。d)、a)やb)に地震の影響が加わった。

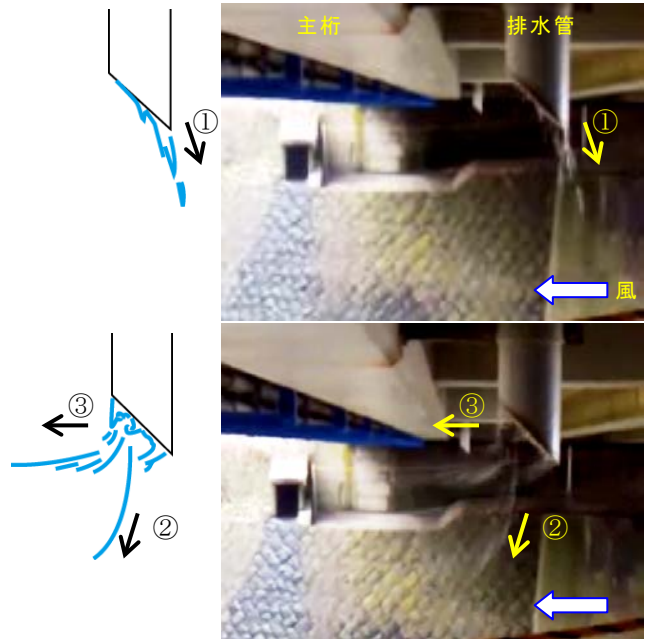


写真-6 日本海沿岸部の季節風と排水の角度
(2013年11月26日12時、近隣気象観測所の10分平均風速10.7m/s、最大瞬間風速18.1m/s、白矢印は風向を示す)



写真-7 流末水の凍結事例
(12月中旬、前夜に降雨なし、最低気温-4℃)



写真-8 橋台前面の流末水の凍結事例
(2月下旬、前夜に降雨なし、最低気温-1℃)

原因を調べるため、a)については、塩ビ管の線膨張係数、弾性係数や継手強度を精査するとともに、固定金具における支持条件を明らかにする必要がある。またb)～d)については、解析や実験による検討や実橋での観測を行う必要がある。しかし、これまでは排水装置の損傷と対策について、十分に検討されていないのが現状である。

3.2 排水管の構造設計の課題

写真-3のように、鋼管の場合は塩化物によって腐食しやすい傾向にある。一方、塩ビ管は、排水管内で凍結膨張が生じた場合に、割れ等が生じることが懸念される。また、いずれの場合も、橋の温度による伸縮等に対応するため、ゴム等による可動継手が設けられる事例が見られる。本来は、排水管の要求性能を明らかにして、また各材料の機械的性質や耐食性等の性能を明らかにして、かつ排水管の維持管理のし易さや経済性を考慮して、設計検討を行う必要がある。その経済性には、単に排水管のライフサイクルコストだけでなく、漏水が構造物本体に及ぼす影響も含める必要がある。

これまでは一般に、個々の橋の排水管について、排水管自体の構造計算を伴う構造設計はほとんど行われていない。そうした状況の中で、排水管の適切な設計を行うためには、性能とコストを考慮した設計資料等の設計支援策も整備する必要があると考えられる。

3.3 既設橋の予防保全としての排水管の改善

膨大な数の既設道路橋の中には、本文で示した事例と同様の損傷や流末水のかかりを生じる可能性を持つ橋が少なからず現存していると考えられる。特に、凍結防止剤が散布される地域の橋での、箱桁の内部に引き込まれた排水管の損傷は、橋本体の耐荷力や寿命に著しい悪影響を及ぼすことを想定しておく必要がある。箱桁内に配置された排水管は、損傷が生じて直ちに発見されるとは限らないので、万一排水管の損傷が生じて、橋本体に重大な影響を及ぼさないような対策を施す必要がある。厳しい腐食環境に置かれる沿岸部のコンクリート道路橋の塩害対策では、コンクリート中の鋼材位置への塩化物イオンの浸入に対して二重三重の対策で対処することが重要である⁹⁾。凍結防止剤による塩害も、構造物に及ぼす影響、構造物の維持管理に及ぼす負担はほぼ同様であることから、路面からの塩水の排水において、塩化物が構造物に容易に接触しない複数の防備が必要であると考えられる。

4. おわりに

凍結防止剤散布量の増加とともに、道路橋の排水管は、橋本体の維持管理の観点から、排水性だけでなく漏水対策も重要になってきている。排水管の不具合リスクを軽減するよう、性能とトータルコストを考慮した排水管の設計資料や維持管理における留意点を取りまとめる必要がある。これは、桁端部の漏水対策や床版防水の技術向上とともに、凍結防止剤の影響への対策の一つであり、道路橋の長寿命化に向けて急がれる課題である。

謝 辞

道路管理者の方々をはじめ、既設橋の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、石田雅博、吉田英二：道路橋桁端部の腐食環境調査～橋台、橋脚の調査事例～、土木技術資料、第57巻、第6号、pp.36～41、2015
- 2) 例えば、玉越隆史、平賀和文、木村嘉富：PC鋼材の腐食損傷への対応事例—妙高大橋のグラウト未充填と鋼材腐食の調査—、土木技術資料、第54巻、第5号、pp.50～51、2012
- 3) 木村嘉富、田中良樹：塩害に対するPC道路橋の維持管理と設計へのフィードバック、プレストレストコンクリート、52-2、pp.43～48、2010
- 4) 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
- 5) 田中良樹、村越潤：橋面アスファルト舗装の変状とRC床版の疲労、土木技術資料、第53巻、第2号、pp.22～27、2011
- 6) 村越潤、田中良樹、藤田育男、坂根泰、田中健司、植田健介：既設コンクリート道路橋桁端部の腐食環境改善への取り組み、土木技術資料、第55巻、第11号、pp.29～34、2013
- 7) 道路橋示方書・同解説、日本道路協会、2012.3
- 8) 高津和義、長谷川和夫：橋梁部の排水設計、橋梁と基礎、pp.91～95、1986.8
- 9) 国土交通省土木研究所、プレストレスト・コンクリート建設業協会：ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書（Ⅲ）—PC橋の塩害対策に関する検討—、270号、2001.3

田中良樹



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
Yoshiki TANAKA

村越潤



首都大学東京都市環境学部都市基盤環境コース教授、博士(工学)
Dr. Jun MURAKOSHI