

凍結防止剤の影響を受けた RC 橋脚の詳細調査

金沢大学大学院 学生会員○杉谷真司 金沢大学工学部 鈴木晴久  
金沢大学工学部 正会員 久保善司 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. はじめに

凍結防止剤が散布されている橋梁では、塩害とアルカリ骨材反応との複合劣化により、コンクリート構造物に重大な損傷が発生する可能性がある。本研究は、長期にわたって凍結防止剤の影響を受けた橋梁を対象として、凍結防止剤として散布された塩分の浸透状況を調べるとともに、コンクリート構造物の ASR 損傷度とコアの残存膨張性との関係について検討したものである。

2. 調査概要

調査橋梁の特徴と損傷状況を表 1 及び表 2 に示す。調査橋梁は、供用年数が約 20 年の単純桁を有する RC 橋脚であり、山間地に位置している。両橋梁では橋脚及び橋台に横断勾配が設けられており、凍結防止剤を含む路面排水が伸縮継手部より流出しているのが観察された。詳細調査は橋脚の枕梁及び橋台から採取した直径 55mm のコアを用いて、力学的試験(圧縮強度、弾性係数及び超音波パルス速度の計測)、塩分濃度の測定、残存膨張性試験(デンマーク法)などを実施した。

3. 塩分の浸透状況

塩分の浸透状況を図 1 及び図 2 に示す。橋脚枕梁では排水流出側と反対側とで塩分の浸透状況に明確な相違が確認された。すなわち、排水流出側では、多量の塩分が浸透しており、主鉄筋位置(かぶり約 8cm)における塩分含有量が 1.2kg/m<sup>3</sup>を上回っていた。特に、スケーリングの発生している橋脚枕梁端部ではひび割れなどの損傷部を通して塩分が内部まで浸透しており、コンクリート表面から約 20cm の位置でも 3～4kg/m<sup>3</sup>の多量の塩分が存在していた。それに対して、反対側では同様に表面から内部へと塩分が浸透しているが、塩分量は排水流出側と比較してかなり小さなものとなった。図 1 から明らかなように、凍結防止剤を含む路面排水はコンクリート構造物の不陸やひび割れの発生箇所から集中的に構造物の内部へと浸透しており、局所的に大きな塩分量をもたらしているのが特徴である。したがって、凍結防止剤の影響を調査する場合には、路面排水の流出位置を適切に判断し、コアを採取する箇所を決定することが重要である。

表 1 調査橋梁の構造形式及びコンクリートの特徴

| 橋梁名 | 建設年  | 上部構造        | 橋脚形式 | 橋台形式 | 使用骨材  | 最大骨材寸法 | 設計基準強度              |
|-----|------|-------------|------|------|-------|--------|---------------------|
| A 橋 | S 54 | 3 径間単純鋼桁合成桁 | T 型  | 重力式  | 安山岩碎石 | 25mm   | 24N/mm <sup>2</sup> |
| B 橋 | S 53 | 2 径間連続鋼桁    | T 型  | 重力式  | 安山岩碎石 | 25mm   | 24N/mm <sup>2</sup> |

表 2 調査橋梁の損傷状況

|     |    |       | ひび割れ発生状況                             | 鉄筋の腐食及び破断の状況                 |
|-----|----|-------|--------------------------------------|------------------------------|
| A 橋 | 橋脚 | 梁     | 水平方向に卓越したひび割れが発生。流出側端部上面にスケーリングの痕跡。  | 流出側端部の腐食顕著。せん断補強筋が上部の隅角部で破断。 |
|     |    | 柱     | 軸筋に沿った縦方向のひび割れが発生。                   | 腐食軽微。破断無し。                   |
|     |    | フーチング | 亀甲状のひび割れが発生。                         | 未確認。                         |
|     | 橋台 |       | 水平方向に卓越したひび割れが発生。前面及び側面に亀甲状のひび割れが発生。 | 腐食軽微。せん断補強筋および配力筋が隅角部で破断。    |
| B 橋 | 橋脚 | 梁     | 水平方向に卓越したひび割れが発生。                    | 腐食軽微。せん断補強筋が上部の隅角部で破断。       |
|     |    | 柱     | 軸筋に沿った縦方向のひび割れが発生。                   | 腐食軽微。破断無し。                   |
|     |    | フーチング | 亀甲状のひび割れが発生                          | 未確認。                         |
|     | 橋台 |       | 前面及び側面に亀甲状のひび割れが発生。                  | 腐食軽微。破断無し。                   |

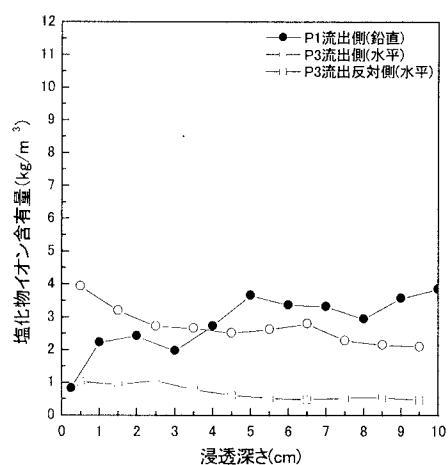


図1 枕梁の塩分浸透状況(A橋)

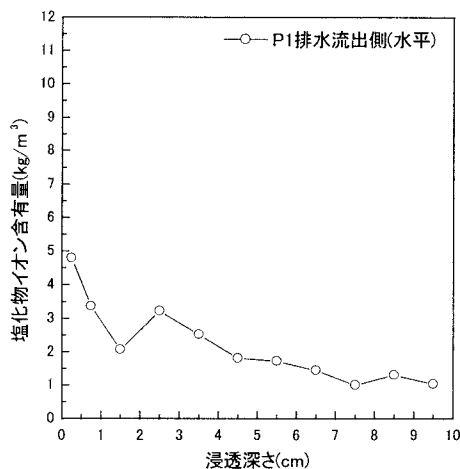


図2 枕梁の塩分浸透状況(B橋)

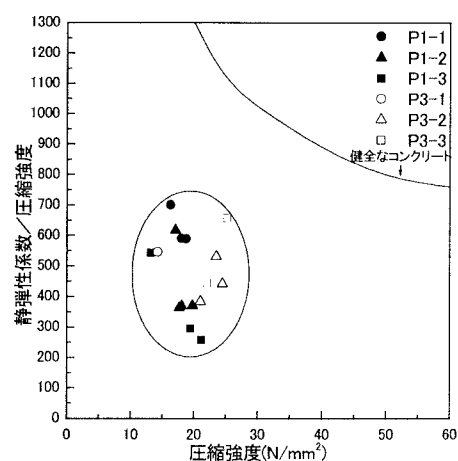


図3 圧縮強度と静弾性係数の関係(A橋)

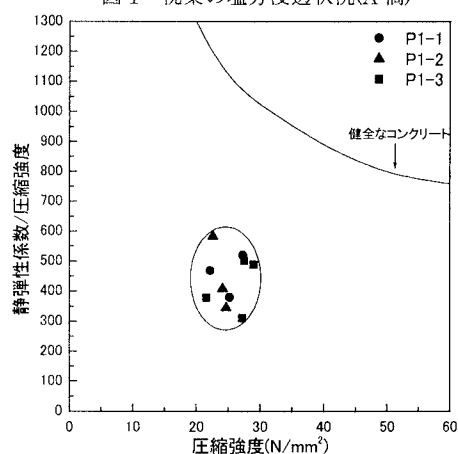


図4 圧縮強度と静弾性係数の関係(B橋)

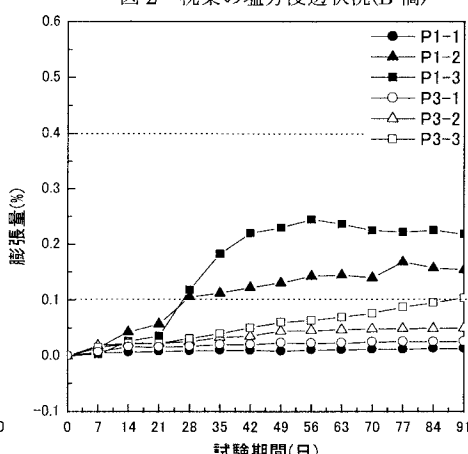


図5 コアの残存膨張性(A橋)

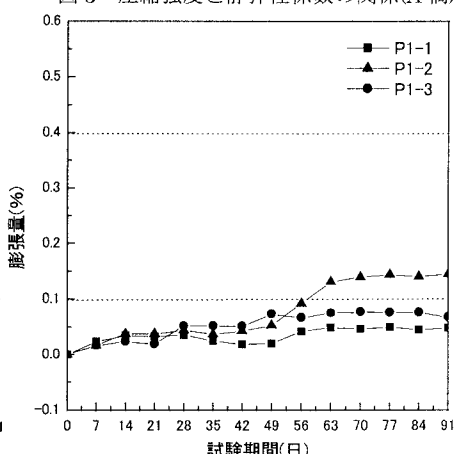


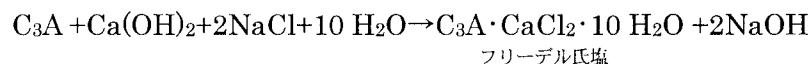
図6 コアの残存膨張性(B橋)

#### 4. 圧縮強度及び静弾性係数

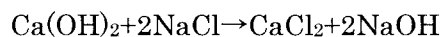
圧縮強度と静弾性係数の関係を図3及び図4に示す。ASR 損傷を受けた構造物から採取したコアの圧縮強度と静弾性係数との関係に関して、ASR 損傷度が大きくなるにつれて健全なコンクリートを示す曲線から離れ、原点に近づいていくことが知られている。圧縮強度と静弾性係数の関係からは排水流出側と反対側とで明確な相違は確認されなかったが、両橋のコンクリートはASR 損傷度がかなり大きいことが判明した。

#### 5. 残存膨張性

コアの残存膨張性を図5及び図6に示す。塩化ナトリウムを主成分とする凍結防止剤はコンクリート中で下記のように反応し、細孔溶液中のアルカリ濃度を増大させASRを促進させることが指摘されている。



フリーデル氏塩



A橋の橋脚では排水流出側(P1-1、P3-1)の残存膨張量はいずれも0.1%以下であり、「残存膨張性無し」と判定された。この結果は塩分の浸透状況とも一致しており、排水流出側では長期にわたり凍結防止剤の影響を受けた結果、コンクリートのASR反応が促進され、調査時点でASR膨張がほぼ終了していたものと推察された。A橋の橋台でも路面排水の流出側と反対側とで残存膨張性の相違が確認された。また、B橋の橋脚および橋台でもA橋の場合と同様に排水流出側の残存膨張量は0.1%以下と小さな値となった。

#### 6. まとめ

今回調査した橋梁では、凍結防止剤の影響を直接に受ける橋脚の枕梁及び橋台にて、コンクリートの内部劣化及び鉄筋破断を伴う大きな損傷が確認された。また、コアの塩分の浸透状況及び残存膨張性の結果より、残存膨張性試験(デンマーク法)は凍結防止剤の影響を受けたコンクリートの残存膨張性を評価するのに有効な方法であることが明らかとなった。