

## V-362

## 融雪・融氷剤の影響を受けたASR損傷コンクリート橋脚の調査

(株) 国土開発センター 正会員 笹谷輝彦 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之  
(株) ピー・エス 正会員 奥田由法 金沢大学自然科学研究科 フェロー 川村満紀

1. まえがき 今回調査を行ったK橋は、石川県の山間部に位置するプレテンションT桁橋(昭和55年建設)であり、橋脚と橋台にASRによるひび割れが認められた(写真-1参照)。本橋におけるASRによる劣化は、日射および降雨の影響が現れており、排水設備の損傷により道路路面の排水が橋脚側面を流れている箇所では、ASRひび割れが促進されているとともに、スケーリングが発生していた(写真-2参照)。この地域では、冬季に路面の凍結防止のために融雪・融氷剤( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ )が多量に散布されており、ASRおよび鉄筋腐食におよぼす影響が懸念されていた<sup>1)</sup>。本研究は、K橋の2橋脚(P3, P6)よりコアを多数採取し、ASR損傷の程度および残留膨張量を調べるとともに、スケーリングが生じた橋脚側面からのコアについて塩分濃度の分布、表面組織の変化と腐食状況との関係について検討を行った。



写真-1 P3橋脚

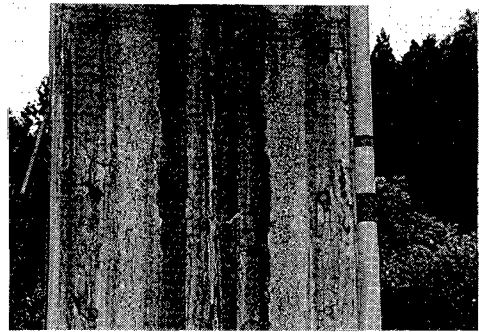


写真-2 P6橋脚

2. 圧縮強度および残留膨張量 橋脚より採取したコンクリートコア(直径5cm)の中性化深さおよび力学試験の結果を表-1に示す。K橋のコンクリート(設計基準強度:  $210\text{kgf/cm}^2$ )には、黒崎安山岩砕石(最大寸法: 25mm)が使用されており、酢酸ウラニール蛍光法による観察では、コンクリート表面から5cm程度は反応の形跡はあまり認められないが、それより内部ではASRゲルによる発色が顕著であり、5~10mmの骨材粒子の周囲にゲルスポットおよび微細なひび割れの発生が観察された。S.Diamondは、乾燥の影響を受けた部分

表-1 中性化深さおよび力学試験の結果

| 供試体番号 | 中性化深さ(mm) | パルス速度(m/s) | 圧縮強度( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 静弾性係数( $\text{kgf/cm}^2$ ) |
|-------|-----------|------------|---------------------------|----------------------------|
| P3-1  | 8.2       | 3810       | 226                       | $1.17 \times 10^5$         |
| P3-2  | 6.3       | 4240       | 348                       | $1.99 \times 10^5$         |
| P3-3  | 11.5      | 4360       | 302                       | $1.93 \times 10^5$         |
| P3-7  | 22.0      | 4100       | 319                       | $1.81 \times 10^5$         |
| P3-8  | 6.5       | 4080       | 299                       | $1.81 \times 10^5$         |
| P3-9  | 16.0      | 4590       | 324                       | $1.76 \times 10^5$         |
| P6-1  | 1.8       | 3990       | 258                       | $0.81 \times 10^5$         |
| P6-3  | 3.7       | 3380       | 225                       | $0.58 \times 10^5$         |
| P6-5  | 9.0       | 3540       | 260                       | $0.71 \times 10^5$         |
| P6-7  | 2.8       | ***        | ***                       | ***                        |
| P6-8  | 5.7       | 3760       | 217                       | $1.20 \times 10^5$         |
| P6-9  | 2.1       | 3550       | 182                       | $0.71 \times 10^5$         |

キーワード: ASR, 融雪・融雪材, コンクリート橋脚

〒924 石川県松任市八束穂3-7 (株) 国土開発センター

〒920 石川県金沢市小立野2-40-20 金沢大学工学部

〒920 石川県金沢市広岡1-5-23 (株) ピー・エス北陸支店

TEL 0762-74-7712 FAX 0762-74-8426

TEL 0762-34-4620 FAX 0762-34-4632

TEL 0762-34-9111 FAX 0762-34-9756

では細孔溶液中の水酸化アルカリが固定され、吸水した時にも再度溶解しないことを報告しているが<sup>2)</sup>、今回の調査でも、コンクリート表面部はASR反応が観察されないことが多く、乾燥および炭酸化による水酸化アルカリの固定化の影響が現れたものと思われる。P3およびP6橋脚には同一のコンクリートが使用されていたが、橋脚の環境の相違によりコンクリートの圧縮強度はP3よりもP6橋脚の方が、また路面排水の影響を受けた側面側の方が小さくなり、これらの結果は外観による劣化状況とも一致していた。P6橋脚の一部のコアでは、2～3cm間隔で輪切り状のひび割れが発生していたが、これはコア採取時の鉄筋拘束の解放により生じたものと思われる。また、表-2に示すようにデンマーク法（50℃の飽和NaCl溶液中での膨張量の測定）によるコンクリートコアの膨張量は、残存膨張量が不明確と判定される0.1～0.4%の間にあった。

3. 塩分含有量および表面の劣化状況 P3およびP6橋脚の路面排水の影響を受けた側面から採取したコンクリートコア（直径10cm）より測定した塩化物イオンの濃度分布を図-1に示す。本橋脚では、内在塩分は含まれておらず、コンクリート内に多量に侵入した塩分はすべて融雪・融氷剤によるものと判断できる。P3およびP6橋脚の塩化物イオンの濃度分布は類似しており、表面から2～3cmにて最大となる凸型の濃度分布を示していた。これは、炭酸化により遊離した塩分が内部へ移動したことや、表面部の塩分が降雨により流出したことが原因と考えられる。P6橋脚の側面では、セメントペースト層が失われ、砂粒が露出していたので、表面部の組織および反応生成物の特徴をXRD、DSCおよびSEM-EDXAにより調べた。このコンクリートの表面から1cmまでは茶色に変色しており、この部分には水酸化カルシウムは全く認められなかった。また、組織自身も脆くなっており、炭酸化によるセメントゲルの分解および塩化カルシウム腐食の可能性が認められた。一方、ASRひび割れ（ひび割れ幅：1mm程度）は、鉄筋のかぶり位置（6～7cm）で停止していたが、ひび割れにはアルカリシリカゲルが充填されておらず、ひび割れを通じて塩水が侵入したために、一部の鉄筋には軽微な腐食が既に発生していた。

4. あとがき 今回の調査では、融雪・融氷剤として散布された塩分が、橋脚コンクリート内に多量に侵入しているのが確認された。融雪・融氷剤に使用される塩化ナトリウムおよび塩化カルシウムは、コンクリート内部の鉄筋腐食の問題だけでなく、ASR、凍結・融解によるスケーリングおよび塩化カルシウム腐食などの損傷に劣化促進因子として働くのは明らかであり、融雪・融氷剤が散布されている構造物の実態調査と劣化防止対策が必要であると思われる。

（参考文献）

- 1) 竹内勝信、川村満紀、鳥居和之：アルカリシリカ反応によって劣化したコンクリートの組織と残留膨張性の予測，材料，No. 491，pp. 963-969，1994.
- 2) S. Diamond: Alkali-Silica Reaction- Some Paradoxes-, proc. of the 10th Inter. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, pp. 3-14, 1996.

表-2 残留膨張量

| 供試体番号 | 残存膨張率(%) | 評価  |
|-------|----------|-----|
| P3-4  | 0.242    | 不明確 |
| P3-5  | 0.208    | 不明確 |
| P3-6  | 0.218    | 不明確 |
| P3-10 | 0.229    | 不明確 |
| P3-11 | 0.152    | 不明確 |
| P3-12 | 0.167    | 不明確 |
| P6-4  | 0.200    | 不明確 |
| P6-5  | 0.198    | 不明確 |
| P6-6  | 0.220    | 不明確 |
| P6-10 | 0.267    | 不明確 |
| P6-11 | 0.221    | 不明確 |
| P6-12 | 0.196    | 不明確 |

膨張の可能性 0.1%以下：低い  
0.1～0.4%：不明確  
0.4%以上：高い

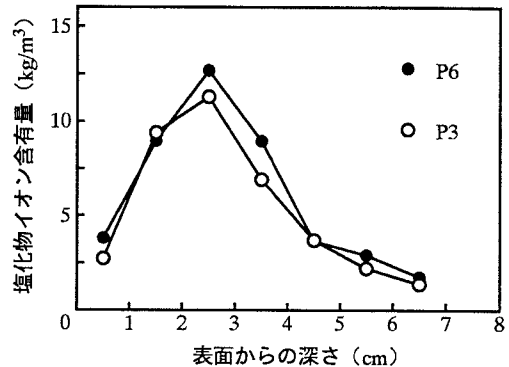


図-1 塩化物イオンの濃度分布