

凍結防止剤が散布された道路橋 RC 床版上面かぶり部分におけるコンクリートの劣化

(株)野村昌弘の研究所 野村 昌弘
金沢大学 鳥居 和之

1. はじめに

道路橋 RC 床版(以下床版)の劣化が顕在化し、大規模な床版取替えも計画されている。高速道路での床版劣化は、疲労に起因するものが主としてあるが、北陸地方では冬期に散布される凍結防止剤(主成分 NaCl)による塩害、反応性骨材を含有することによるアルカリシリカ反応(以下 ASR)、さらに山間部では凍害、といった複合的な要因が劣化を促進させている。本稿では、損傷が発生したアスファルト舗装下面で剥離した床版上面かぶり部分のコンクリート片を対象にしてコンクリートの性状を詳細に分析し、床版劣化の原因について検討した。

2. 試験概要

試験に用いたコンクリート片は、富山県富山市内(平野部)の国道(1972年供用)の床版から採取した厚さ 3cm 程度のものである(写真-1 参照)。試験内容は、フェノールフタレインによる中性化深さ測定、塩化物イオン濃度測定および蛍光顕微鏡と偏光顕微鏡による薄片観察である。

3. 試験結果

(1) 中性化および塩化物イオン濃度分析

コンクリート片を切り加工し、中性化深さを測定した。表面部より 1mm 程度、ごくわずかな中性化の進行が確認された。また、コンクリート片を 5mm ピッチで切断・粉碎し、コン

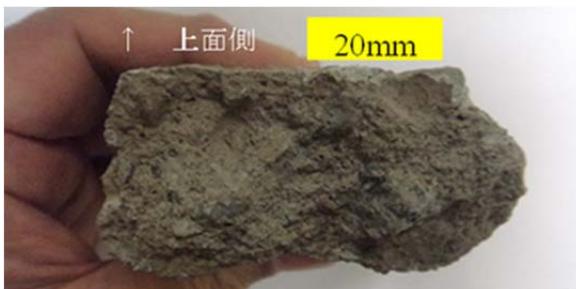


写真-1 試験に用いたコンクリート片

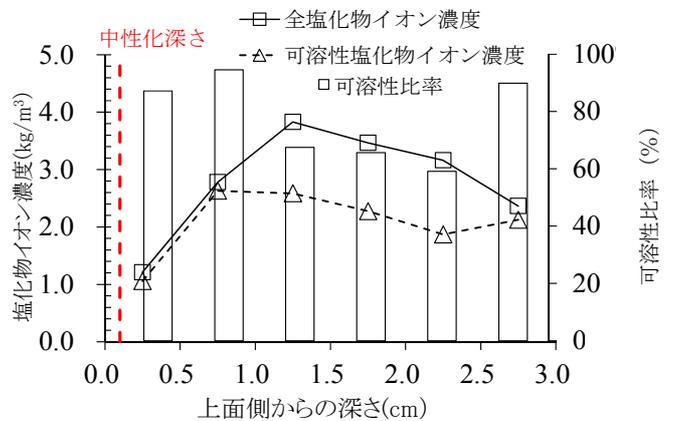
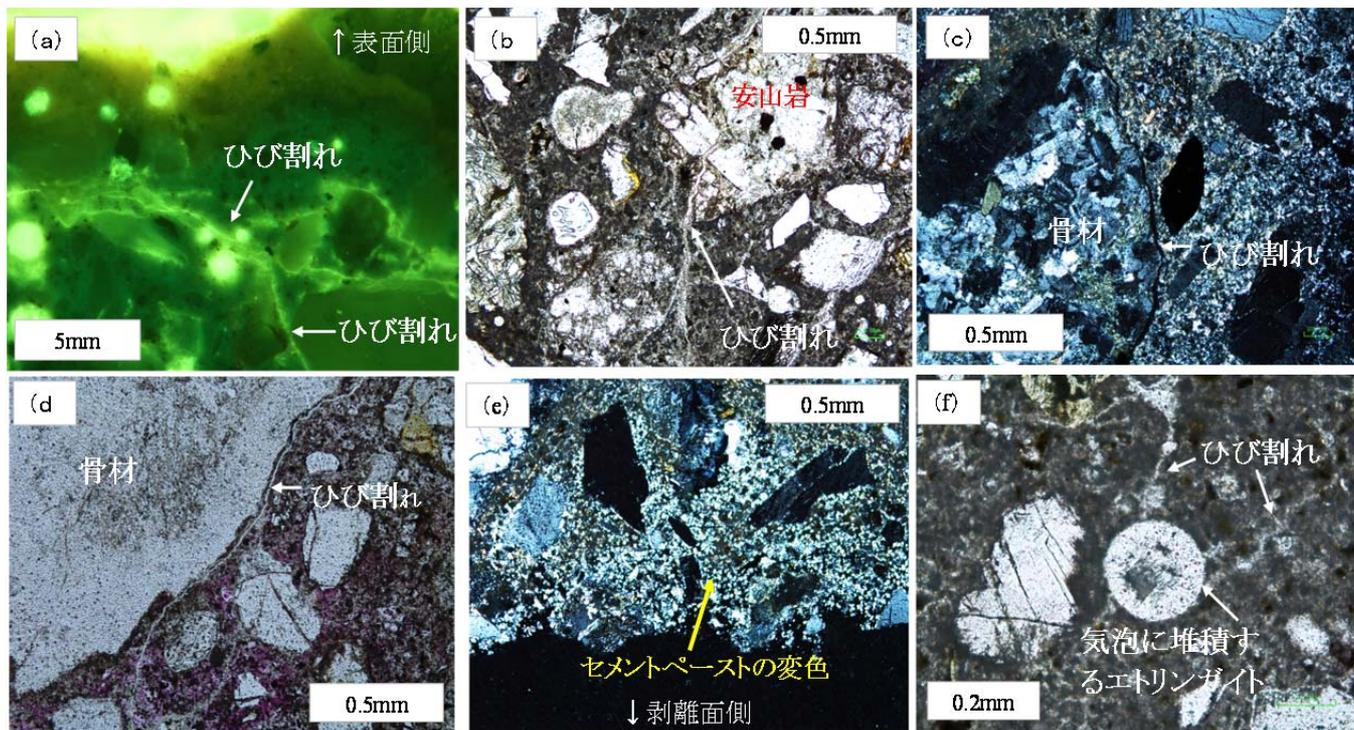


図-1 塩化物イオン濃度の分析結果

クリート中の全塩化物イオン濃度および可溶性塩化物イオン濃度を分析した。その結果を図-1 に示す。上面付近には最大 4kg/m^3 の塩化物イオンが浸透し、冬期に散布される凍結防止剤の影響を受けるとともに路面水が床版深部へと浸透していることが確認できた。塩化物イオンの濃度分布は、塩分が供給される上面側の塩化物イオン濃度が高いわけではなく、深さ約 1cm をピークとする分布を呈した。上面側では路面水の浸透による塩分の溶出や中性化の進行による、いわゆる中性化フロントの影響で固定化された塩分が遊離して深部に濃縮されたものと考えられた。これは上面側で全塩化物イオンに対する可溶性塩化物イオンの占める割合(可溶性比率)が大きいことも裏付けていた。一方、可溶性比率が高いことは剥離面(深さ約 3cm)付近でも同様な現象が確認された。

(2) 薄片観察

コンクリート片より 4 枚の薄片を作製して蛍光顕微鏡および偏光顕微鏡にて劣化状況を確認した。上面側のセメントペースト部では水平方向に発達した微細なひび割れが確認された(写真-2(a)参照)。ひび割れの位置や形状から凍結融解作用による凍害を受けているものと



(a) セメントペーストに発生したひび割れ (表面側); 蛍光顕微鏡, (b)安山岩 (砂) から延びるゲルを伴ったひび割れ; オープンニコル, (c)砂粒子の界面に発生したブリージングによるひび割れ; クロスニコル, (d)砂粒子の界面付近に発生した骨材の乾燥収縮によるひび割れ; オープンニコル, (e) セメントペーストの方解石の変色 (剥離面側); クロスニコル, (f) 気泡を充填するエトリンガイトより伸びるひび割れ; オープンニコル

写真-2 薄片観察による劣化状況

推定された。冬期に散布される凍結防止剤は路面水の凍結温度を 0℃から-1~-2℃まで下げる効果を有する。日中と夜間の路温の差により凍結融解作用が盛んになり、ひび割れが発生したものと考えられた。

薄片より北陸地方で ASR を生じる安山岩, 流紋岩および溶結凝灰岩が確認された。粗骨材で顕著な ASR は認められなかったが, 砂粒子を貫通する ASR のひび割れがわずかに確認された (写真-2 (b)参照)。

また, 骨材の界面に沿って発生した施工時のブリージングによるひび割れ, 骨材の界面付近に沿った骨材の乾燥収縮によるひび割れも確認された (写真-2 (c)および (d)参照)。

さらに, 下面の剥離面では, 偏光顕微鏡のクロスニコル下の画像でセメントペーストが茶褐色に変色していた (写真-2 (e)参照)。セメント中の方解石が中性化の影響を受けて変色したものであった。剥離面についても中性化が進行していたことは前項の塩化物イオン濃度分析で深さ約 3cm での可溶性比率が高かったこ

と矛盾するものではなかった。また, 中性化の進行から剥離面が生じて, ある程度時間が経過していることも推察された。

中でももっとも多く確認されたのは気泡を充填するエトリンガイトからの微細なひび割れであった (写真-2 (f)参照)。床版の劣化には, コンクリート自体が保有している硫黄化合物の濃縮により多量のエトリンガイトが生成し硫酸塩膨張が生じている可能性があった。なお, エトリンガイトの発生原因については今後, 検証が必要と考えられた。

4. まとめ

- 1)塩化物イオンの浸透分布により路面水が床版深部まで浸透していることが確認できた。
- 2)床版上面のかぶり部分では, 中性化, 塩害, 凍害, ASR, 硫酸塩膨張に起因する劣化と施工時のブリージングおよび骨材の乾燥収縮によるひび割れが発生し, 路面水が浸透しやすい環境となっていた。これらの現象が原因で床版疲労を促進しているものと考えられた。