

塩害と ASR による複合劣化を生じた構造物の劣化変状に関する検討

金沢大学 学生会員 ○松田 めぐみ 学生会員 矢野 峻規 正会員 久保 善司
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 石川 裕一 非会員 菊池 徹

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化原因には中性化や塩害、アルカリ骨材反応（以下、ASR と略す）、凍害などがある。いずれの劣化現象も進行するに従い、コンクリートに各種の変状を生じ、耐久性、使用性、耐荷性、美観・景観、あるいは第三者影響性など各種性能に影響を与える。これらに加えて、使用材料あるいは使用・環境条件などによっては、複数の劣化原因が複合する場合もある。

本研究では、ASR と塩害による複合劣化への適切な対策手法の確立に向けて、構造物表面の簡易的な調査結果に基づく、ASR および凍結防止剤の両者の影響を把握する点検手法の可能性についての検討を行うこととした。ASR と塩害（凍結防止剤散布の影響）を受ける橋台を対象とし、構造物表面のひび割れ（ASR 劣化程度）、水分率および外観目視による濡れ色の関連性について検討を行った。

なお、既往の研究においては、目視検査のデータからの橋梁の劣化進行予測¹⁾やひび割れのパターンからの劣化予測²⁾など、簡易的な方法で橋梁を管理する方法が提案されている。

2. 調査概要

2.1 調査対象

凍結防止剤散布の影響下にある経過観察中の ASR を生じた橋梁橋台部を対象とした。橋台は未補修のものを主に対象としたため、ひび割れ幅が 0.5mm 以上のものは少なかった。また、施工不良など、ASR 以外のひび割れと推定されるひび割れも一部に認められた。

2.2 表面水分率調査

上部工から橋台部への水分供給（漏水）の程度を示す指標として、表面水分率がある。凍結防止剤が散布される環境においては、上部工からの漏水の影響の程度は、凍結防止剤による塩分浸透に深く関係するものと考えられる。対象橋梁における漏水（凍結防止剤）の影響度の把握を目的に、表面水分率の測定を実施した。高周波型表面水分率計を用いて、橋台の水平方向を直線状に 100mm 間隔で測定した。

2.3 ひび割れ調査

ASR によるひび割れ状態を表す指標として、ひび割れ量を調査し、1m×1m 区画ごとにひび割れ長さ（ひび割れ密度）を算出した。

2.4 外観調査

対象橋台の高さ 1m 付近を対象とし、撮影された画像の外観に基づき、1m×1m 区画ごとのコンクリート表面の変色の有無を調べた。区画全体が変色している場合、半分以下が変色している場合、変色がない場合の 3 つに分類した。

3. 結果および考察

3.1 ひび割れ-水分率関係

ひび割れ長さと表面水分率の関係を図-1 に示す。表面水分率は、区画内 10 点における平均値を用いた。表面水分率が 3%~5%、ひび割れ長さ 6m 以下の範囲に半数以上の点が集中している。表面水分率 5%以上では、ひび割れ長さの大きいものが認められる。

表面水分率が大きいものほど、漏水の影響は大きくなるものと考えられ、ひび割れ密度の大きい、すなわち劣化が進行したものも確認できた。しかし、ばらつきも認められ、両者には強い相関は認められなかった。

3.2 濡れ色-水分率関係

橋台の 1m² の範囲ごとに濡れ色がある場合（対象範囲の半分以上が濡れ色：120 箇所）、ない場合（44 箇所）について、各ケースの水分率の割合を図-2 に示す。なお、濡れ色には漏水による影響と推測される変色、カビ・コケなどの付着物跡なども含む。濡れ色の有無にかかわらず、水分率が 5%までのものが半数近くあ

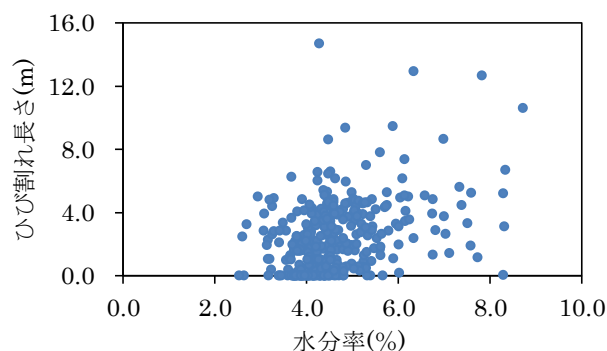


図-1 ひび割れ長さ-水分率関係

った。濡れ色がない場合の方が3%～4%台の割合が多い。しかし、5%～7%台の割合に顕著な差は認められない。外観から判定した濡れ色の有無と、水分率の大小とは明確な関係があるとは言い難い。

上記の濡れ色の有無に加えて、対象範囲の半分以下が濡れ色を示すものもあったため、これを一部濡れ色を(2)とし、濡れ色ありを(3)、濡れ色なしを(1)と大きく分類するとともに、水分率についても、4%未満(1)、4%以上5%未満(2)、5%以上6%未満(3)、6%以上8%未満(4)、8%以上(5)の5段階に大きく分類し、比較を行うこととした。濡れ色と水分率の関係を図-3に示す。漏水(凍結防止剤)の影響が大きい箇所においては、濡れ色を示すとともに、水分率は高くなるものと予想される。他方、漏水の影響が小さい場合には、濡れ色を示さず、水分率も低いものと予想される。これらを踏まえて、濡れ色と水分率の分類の両者の組み合わせの可能性について、高いもの○、低いもの(矛盾する可能性が高い)×、可能性のある△で示し、その組み合わせに対する予想を表-1に示す。

調査結果による濡れ色と水分率の分類の関係を図-3に示す(表-1の○×△に対応して、○：青、△：赤、×：緑で色分けし、各区分の水分率と濡れ色の分類の組み合わせごとのケース数も示した)。表-1で予想した水分率と濡れ色の組み合わせについて、可能性が低いとしたもの(×：緑)中で、水分率が高いにもかかわらず、濡れ色なしのものは少なかった(2ケース)。他方、水分率が低いにもかかわらず、濡れ色(3)を示すものは29ケースと若干多かった。これらについては、供用期間中に漏水経路などが変化し、漏水を受けた時期に濡れ色を示したものの、その後、漏水の影響がなくなる、または小さくなるなどによって、水分率が低くなったものと考えられる。

濡れ色と水分率の組み合わせ(274ケース)中、○は47ケース、×は31ケースとなった。これに対して、可能性のある△は196ケースとなった。すなわち、対象とした橋台においては、濡れ色と水分率との関係について大きな矛盾を示すケースはそれほど多くないものの、漏水の影響がない、あるいは高いと予想されるものよりもその中間的なものが多い。概ねの関係は得られているものの、濡れ色と水分率の関係から、漏水による影響の程度を把握するほどの関係性を見出すことは困難であるものと考えられる。

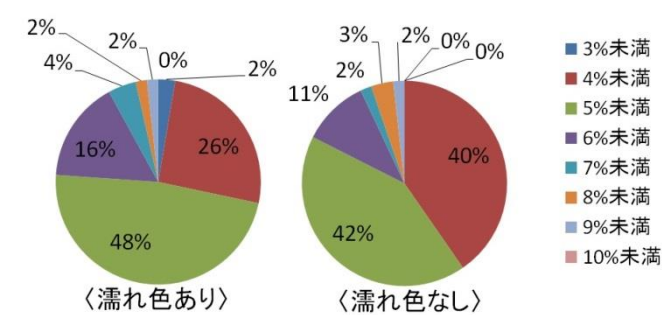


図 - 2 濡れ色の有無ごとの水分率の割合

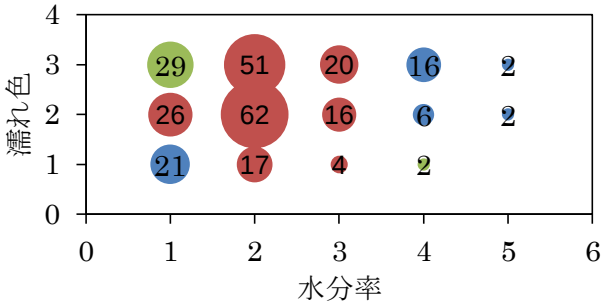


図 - 3 濡れ色-水分率分類

表-1 変色と水分率の分類

評価	～4%(1)	4～5%(2)	5～6%(3)	6～8%(4)	8%～(5)
濡れ色 (3)	×	△	△	○	○
一部濡 れ色(2)	△	△	△	○	○
濡れ色 なし(1)	○	△	△	×	×

4. まとめ

構造物表面の外観から判断される濡れ色は、供用期間中のいずれかの時期に漏水の影響があったことを示すものの、漏水経路が変化することもあり、水分率との関係が必ずしも一致しないこともある。全体的な傾向としては、濡れ色と水分率の両者から漏水の影響の有無はある程度の把握は可能であるものの、影響程度の把握は上記に挙げた理由から容易でないものと考えられる。原因として、橋台の漏水経路が大きく変化すること、対象とした橋梁においては比較的漏水の影響が大きいものが多かったためと考えられる。

参考文献

1) 貝戸清之ら：実測データに基づく構造物の劣化予測，土木学会論文集，No.744/IV-61，pp.29-38，2003。
2) 玉越隆史ら：全国規模の点検データに基づく道路橋のコンクリート部材の劣化の特徴，コンクリート工学論文集，第 25 巻，pp.167-180，2014。