

コンクリート橋脚の内部除湿における除湿孔間隔と通気湿度が湿度低減に与える影響

富山県立大学
北電技術コンサルタント

学生会員
〇達 柊介
白上 新

富山県立大学
アイベック

正会員 伊藤 始
正会員 細野 恭成

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下、ASR と記す）を生じたコンクリートでは、降雨や融雪水などの水分の供給により劣化が促進される。ASR 劣化したコンクリートでは、膨潤性のゲルが水分を吸収することで膨張して、コンクリート表面にひび割れを生じさせる。それに対して、鍵本らや山岸らはコンクリート内の相対湿度が 80%を下回ると膨張が抑制されることを示している^{1),2)}。そのため、著者らはコンクリート内部から水分を取り除くことで、劣化進行を抑制することを提案した。

一方、竈橋らや木下らは、湿気移動試験に基づき、湿気移動解析の変数である透湿率や湿気容量、蒸発率を提案して、恒温恒湿環境下における試験を解析によりおおむね再現している^{3),4)}。また、木下らの湿気移動試験では、深さ 200mm のコンクリート内部を相対湿度 60%に低下させるのに 1 年以上を要しており、実構造物サイズでの除湿には長期間の対策が必要になることが懸念された⁴⁾。

本研究では、湿気移動解析を用いて、実際の形状寸法のコンクリート橋脚を対象に、除湿孔を設けて除湿する際の除湿孔間隔と通気湿度がコンクリート内部の湿度低減や対策年数に与える影響を検討した。

2. 解析方法

本研究では ASR による劣化が報告されている石川県の橋脚の充実部をモデルに、2 次元有限要素法を用いた湿気移動解析を実施した⁵⁾。橋脚の断面寸法は 3.8m×3.8m であり、充実部の高さは 6m である。解析ケースは、表-1 に示すように除湿孔間隔を 3 水準、通気する乾燥空気の相対湿度（以下、湿度と記す）を 3 水準とした 9 ケースとした。

湿気移動解析は 2 次元温度応力解析プログラム (ASTEA MACS)を用いて行った。また、解析では図-1 のように橋脚断面の対称性を考慮して 1/2 モデルを

使用し、要素寸法は一辺 20mm とした。除湿孔は円周長さを直径φ50mm の円と同程度とするように、一辺 40mm の正方形で表現した。湿気移動解析のパラメータである透湿率、湿気容量、および蒸発率には、竈橋らの値を用いた³⁾。これらの物性値は湿度に依存する値である。なお、橋脚側面への表面被覆の適用を想定して、側面からの湿度の出入りはないものとした。

3. 解析結果

(1)湿度の分布

図-1 に除湿 3 年における 04-30 ケースと 06-45 ケースの相対湿度の分布を示す。除湿孔のまわりで湿度が低く、除湿孔と除湿孔の間中点（以下、中点と記す）および橋脚側面で湿度が高くなった。除湿孔から 40mm 離れた点（以下、40mm 点と記す）の湿度は、04-30 ケースで 58.3%となり、06-45 ケースで 77.6%となった。中点の湿度は、04-30 ケースで 73.6%となり、06-45 ケースで 93.9%となった。

(2)湿度の履歴

図-2 に除湿時間とコンクリート湿度の関係を示す。

表-1 解析ケース

		乾燥空気の相対湿度 (%)		
		30	45	60
除湿孔 間隔 (mm)	400	04-30	04-45	04-60
	600	06-30	06-45	06-60
	800	08-30	08-45	08-60

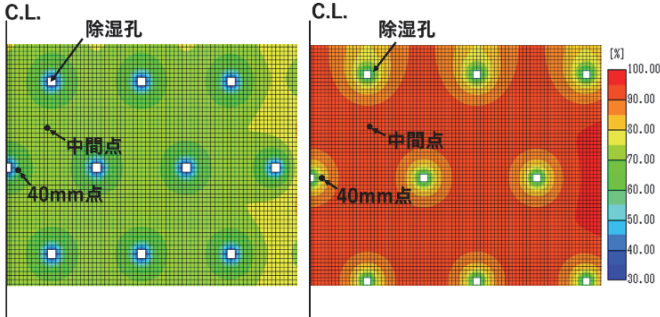


図-1 除湿 3 年における湿度分布
(左:04-30 ケース, 右:06-45 ケース)

キーワード 湿気移動解析, 除湿孔間隔, 通気湿度, 湿度低減, 対策年数

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 TEL 0766-56-7500

ここでは図-1 に示した 40mm 点と中間点の値を示す。除湿孔間隔が小さく通気湿度の低い04-30ケースが、コンクリート湿度の低減に最も効果的であった。40mm 点の湿度は、除湿開始0日目から384日目まで3つのケースでほぼ同じ値であった。それ以降は、除湿孔間隔が大きいケースで、40mm 点および中間点の湿度への影響は小さくなった。04-30 ケースにおいて、両点での湿度の差は日数の経過とともに小さくなったが、06-30 および 08-30 ケースでは大きくなった。

4. 各種要因が与える影響

(1) 通気湿度がコンクリート湿度に与える影響

図-3 に除湿開始から3年のコンクリート湿度を1年ごとに示す。図には、04 ケースの中間点の湿度を示す。3 ケースともに、除湿1年では湿度が80%を下回らなかった。除湿3年で最もコンクリート湿度が低下したのは04-30 ケースであり、目標湿度の80%を下回った。通気湿度が低くなると、コンクリート湿度は低下しやすくなった。

(2) 目標湿度までの低下時間

図-4 に中間点の湿度が80%を下回るまでの期間を示す。04-30 ケースが最短であり、2.6年となった。除湿孔間隔が広がると目標湿度までの期間が長くなった。04 ケースおよび06 ケースにおいて、通気湿度による対策年数への影響はあまり見られなかった。それに対して、08 ケースでは通気湿度による対策年数への大きな影響が見られ、60%では19.2年が必要であり、30%の1.6倍であった。今後の課題として目標湿度までの期間をより正確に把握するためには、透湿率などの物性値の検討が必要だと考えられる。

5. まとめ

- (1) 除湿を3年間行ったとき、コンクリート湿度が除湿孔のまわりで低くなり、中間点および橋脚側面で高くなった。
- (2) 除湿3年で最もコンクリート湿度が低下したのは04-30 ケースであり、目標湿度の80%を下回った。通気湿度が低くなると、コンクリート湿度は低下しやすくなった。
- (3) 除湿孔間隔が広がると、目標湿度までの期間が長くなった。加えて、間隔が広がると通気湿度が対策年数に与える影響が大きくなった。

参考文献

- 1) 鍵本ら：大型コンクリート円柱内部における湿度およびひずみの測定によるASR表面ひび割れ発生過程の解明，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 1, pp.1225-1230, 2009
- 2) 山岸ら：湿度環境を変えた反応性骨材コンクリートの力学性能に関する実験的研究，土木学会年次学術講演会概要集，V-238, 2019
- 3) 竈橋ら：温度との連成を考慮したコンクリートの湿気移動解析，コンクリート工学論文集，Vol. 23, No. 2, pp.685-690, 2001
- 4) 木下ら：湿度一定環境と乾湿繰返し環境におけるコンクリートの湿気移動特性に関する研究，コンクリート工学論文集，Vol. 34, No. 1, pp. 724-729, 2012
- 5) 津田ら：ASRが発生したコンクリート橋の調査診断と補強・打替技術の検証，コンクリート工学年次論文集，Vol. 38, No. 2, 2016

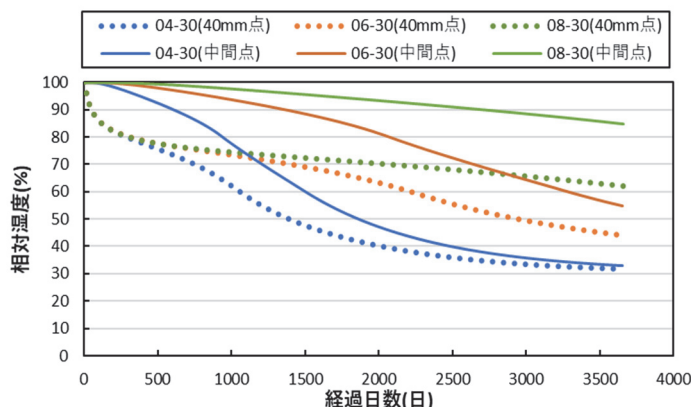


図-2 コンクリート湿度履歴(30%)

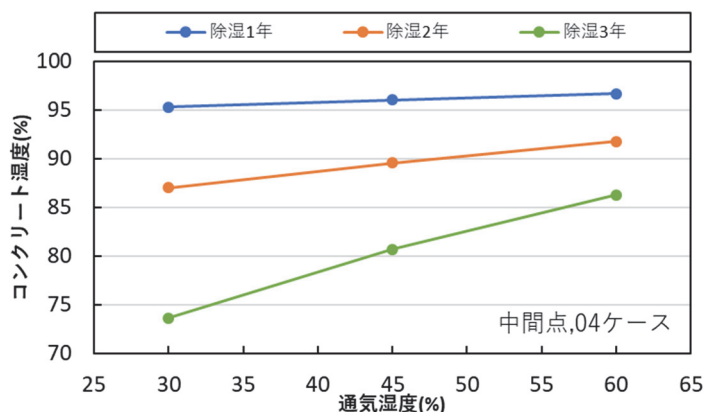


図-3 通気湿度とコンクリート湿度の関係

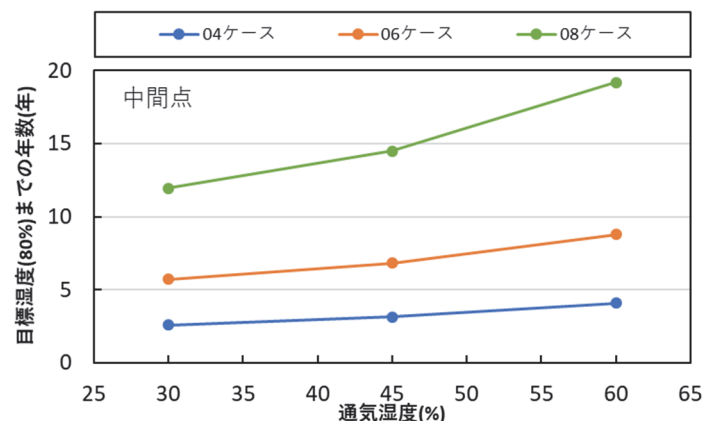


図-4 目標湿度(80%)までの低下期間(中間点)