

吸水させる水溶液の濃度の違いが吸水に及ぼす影響に関する一検討

木更津工業高等専門学校 正会員 ○原田 健二

1. はじめに

コンクリート中の水分浸透は、コンクリート中の鋼材の腐食を予測するために非常に重要になる。この背景のもとに多くの研究者によりコンクリートの水分浸透に関する実験が多く行われている。コンクリート中の水分浸透速度はコンクリートの緻密さにより評価されることが多く、コンクリートに浸透する水溶液に含まれる溶質の存在が浸透速度に及ぼす影響について検討したものは少ない。

水溶液に含まれる溶質の存在が水分の移動に及ぼす影響として考えられる現象には浸透圧がある。浸透圧がコンクリート中の水分浸透に影響するのであれば、浸透する水溶液の濃度がコンクリート中の水溶液の濃度より高い場合は、水分の浸透を抑制し、逆に、浸透する水溶液の濃度がコンクリート中の水溶液の濃度より低い場合は水分の浸透を促進すると考えられる。そのため、もし、浸透圧が水分浸透に影響を及ぼすのであれば、高濃度な塩分が供給される厳しいような塩害環境下などでは、これらの影響を考慮しなければいけない可能性がある。

以上のことから、本研究では、コンクリート中の水分浸透の予測の高精度化に資するためにコンクリート中に浸透する水溶液の濃度の違いがコンクリート中への吸水に及ぼす影響について実験的に検討する。

2. 吸水させる水溶液の濃度の違いがコンクリートの水分浸透に及ぼす影響に関する実験的検討

2.1 実験概要

コンクリート中に浸透する水溶液の濃度の違いがコンクリート中への吸水に及ぼす影響を検討するために、温一定の環境下で供試体を十分乾燥させた後に濃度の異なる NaCl 水溶液を吸水させる実験を行った。

実験には $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のモルタル供試体を用いた。モルタルの W/C は 50% とし、s/c は 3.59 とした。実験の詳細を以下に示す。

28 日湿布養生した供試体を温度 20℃、平均相対湿度 36% の恒温室内で 35 日間乾燥させる。乾燥後、吸水中に

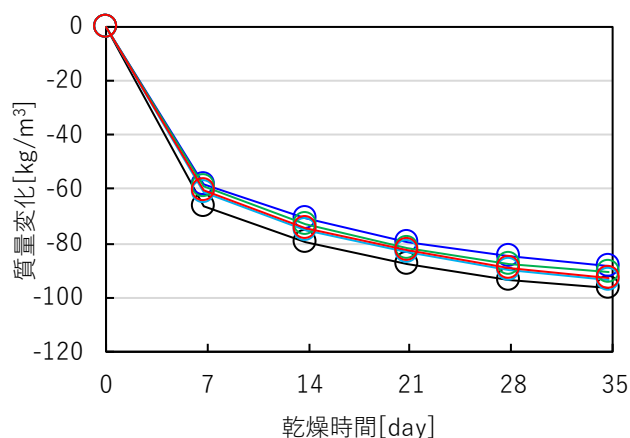


図-1 乾燥過程の質量変化

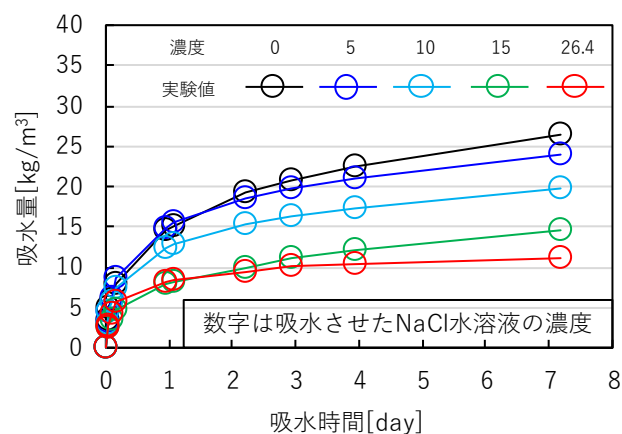


図-2 吸水過程の質量変化

供試体側面からの吸湿・乾燥を防ぐために $\phi 50\text{mm}$ の 2 面以外をアルミテープで 2 重巻きすることでシールした。その後、温度 20℃ の容器中で質量濃度 0%, 5%, 10%, 15%, 26.4% の NaCl 水溶液を $\phi 50\text{mm}$ の一面から 7 日間吸水させる。吸水に用いた NaCl 水溶液は水道水と純度 99.9% 以上の NaCl 結晶を用いて作製した。

2.2 実験結果

図-1 は乾燥過程における供試体質量の経時変化を示したものである。いずれも同程度乾燥している。

図-2 は吸水過程における供試体質量の経時変化を示したものである。吸水に用いた水溶液の濃度が高くなるほど吸水量が少なくなる。この結果より、浸透する水溶液の濃度がコンクリート中の水溶液の濃度より高い場合はコンクリート中への吸水は抑制されることがわかった。

キーワード 吸水, 浸透圧, 溶質, Washburn 式

連絡先 〒292-0016 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 T E L 0438-30-4164

表-1 計算条件

濃度	0	5	10	15	26.4
ρ_w [kg/m ³]	1000	1032	1069	1106	1198
γ [mN/m]	72.75	74.19	75.74	77.40	81.60
μ [mPa·s]	1.002	1.067	1.187	1.362	1.967
ε [m ³ /m ³]	0.0967	0.0888	0.0933	0.0910	0.0929
r [μm]	41	41	41	41	41
θ [rad]	0	0	0	0	0

3. 吸水させる水溶液の濃度の違いがコンクリートの水分浸透速度に及ぼす影響に関する検討

3.1 計算概要

本実験で用いた水溶液は NaCl 水溶液であるため、濃度が高くなるほど水溶液の密度、表面張力、粘性係数が大きくなる。そのため、実験で確認された吸水の抑制は、浸透する水溶液の物性値の変化の影響と浸透する水溶液とコンクリート中の水溶液の濃度差による影響も含んでいると考えられる。そこで、本研究では、実験結果の再現計算をすることで浸透する水溶液とコンクリート中の水溶液の濃度差が吸水に及ぼす影響の程度を検討する。計算方法の詳細を以下に示す。

本検討ではモルタル中の空隙は管径一定の直管と仮定し、モルタル中への水溶液の浸透深さは Washburn 式(式(1))により表されるとする。

$$L = \alpha \sqrt{\frac{r\gamma \cos \theta}{2\mu} t} \quad (1)$$

ここに、 L ：水分浸透深さ[m]、 r ：管径[m]、 θ ：接触角[rad]、 γ ：水溶液の表面張力[N/m]、 μ ：水溶液の粘性係数[Pa·s]、 t ：吸水時間[s]、 α ：濃度差により生じる吸水を抑制する低減係数[無次元]である。

そして、水分浸透深さと吸水量に線形関係があると仮定すれば、吸水量は式(2)のように表すことができる。

$$\Delta W = \rho_w \varepsilon \frac{L}{L_{max}} \quad (2)$$

ここに、 ΔW ：吸水量[kg/m³]、 ρ_w ：水溶液の密度[kg/m³]、 ε ：有効空隙率[m³/m³]、 L_{max} ：供試体長さ[m]である。

本研究では式(1)と式(2)より求めた吸水量の計算値と実験値の誤差二乗が最小になるように低減係数 α を同定することで、浸透する水溶液とコンクリート中の水溶液の濃度差が吸水に及ぼす影響の程度を検討する。

吸水量の計算値を求めるにあたり、表-1 に示す値を用いた。NaCl 水溶液の物性値については既往の文献の実測値より作成した近似式¹⁾を用いて求めたものである。 ε は吸水前の乾燥過程で逸散した水分の体積であ

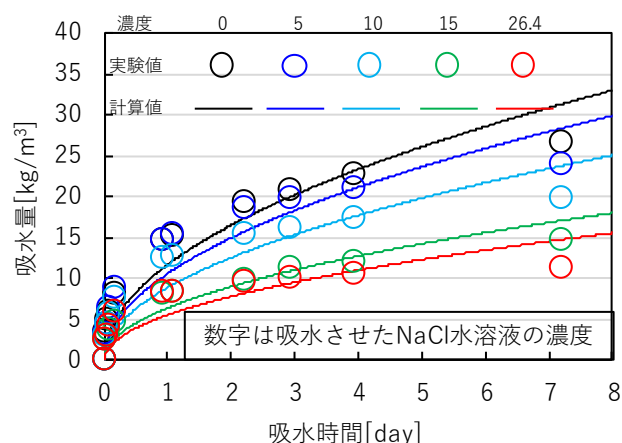
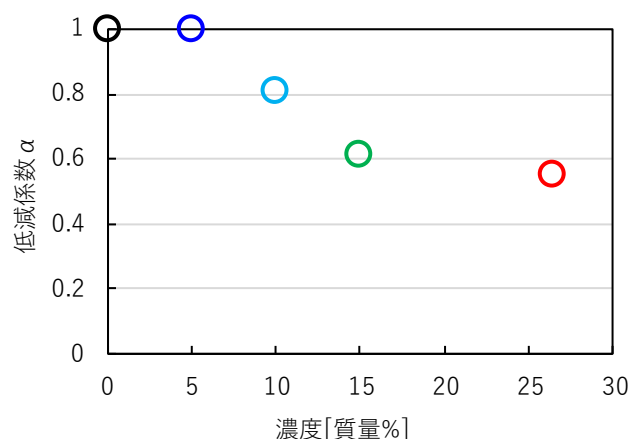


図-3 図-2 の再現計算

図-4 同定された低減係数 α

る。 r は θ が 0 とし、濃度 0% の吸水量の実験値と計算値の残差二乗が最小になるように求めたものである。

3.2 同定された低減係数に関する考察

図-2 の再現計算結果を図-3 に示す。実験値と計算値を比較すると、浸透させる水溶液の濃度によらず、吸水初期は吸水量を過小評価し、吸水時間が長くなるほど吸水量を過大評価するが、計算値は実験で確認された吸水の抑制の傾向を表現できている。図-4 に横軸を吸水に用いた水溶液の NaCl 濃度、縦軸に同定した低減係数 α を示す。低減係数は濃度が 10% 以上と高濃度になると明確に低下することが確認できる。このことから、コンクリート中へ浸透する水溶液とコンクリート中の水溶液の濃度差により浸透圧のような力が作用し、それが、吸水に及ぼす影響は無視できない可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 原田健二, 下村匠: 塩分がコンクリートの乾湿挙動に及ぼす影響の解明とそのモデル化, 土木学会論文集 E2, Vol.72, No.4, pp.427-439, 2016.