

温度がコンクリートの水分の平衡特性および移動速度に及ぼす影響の検討

木更津工業高等専門学校 正会員 ○原田 健二

1. はじめに

凍害、乾燥収縮などのコンクリートの劣化現象の多くは、コンクリート中の水分の移動と密接な関係がある。そのため、コンクリート構造物の耐久性を評価するには、供用環境下における含水状態の経時変化を精密に予測することが重要になる。室内実験環境下と異なり実環境下では温湿度の変動の作用を受けるため、実環境下におけるコンクリート中の水分移動を精密に予測するためには温度が及ぼす影響を適切に表現する必要がある。

以上のことから、本研究は実環境下における水分移動解析の高精度化に資するために、温度がコンクリートの水分平衡特性および内部の水分移動速度に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 温度がコンクリートの水分の平衡特性および移動速度に及ぼす影響に関する実験的検討

2.1 実験概要

温度がコンクリートの水分平衡特性に及ぼす影響を把握するために、薄板モルタル供試体を温度、湿度一定の環境下で乾燥、吸湿させる実験を行い、温度がコンクリート内部の水分移動速度に及ぼす影響を把握するために、厚さが十分にあるモルタル供試体を温度、湿度一定の環境下で乾燥、吸湿させる実験を行った。

平衡状態に及ぼす影響を検討する実験に用いた薄板供試体は $50 \times 50 \times 5 \text{mm}$ のモルタル、コンクリート内部の水分移動速度に及ぼす影響を検討する実験に用いた供試体は $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ のモルタルである。配合は $W : C : S = 1 : 2 : 3$ とした。乾燥させる供試体については、35日湿布養生し飽水状態にしたもの、吸湿させる供試体については28日湿布養生し、7日間 110°C の乾燥炉で炉乾燥し、絶乾状態にしたものとした。

所定の含水状態に調整したものを温度 20, 30, 40, 50°C 、相対湿度 75% (NaCl による飽和塩法) の環境に 116 日間暴露した。 $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ のモルタル供試体については、暴露前に 40×40 の 2 面以外を気密防水テ

キーワード 乾燥, 吸湿, 水分平衡特性, 水分拡散係数, 温度

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 TEL0438-30-4164

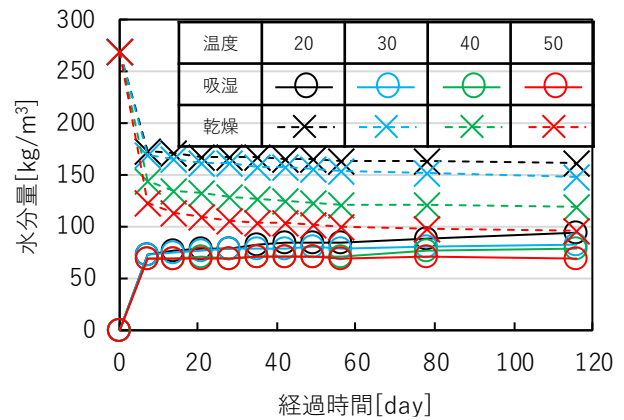


図-1 薄板供試体の水分量の経時変化

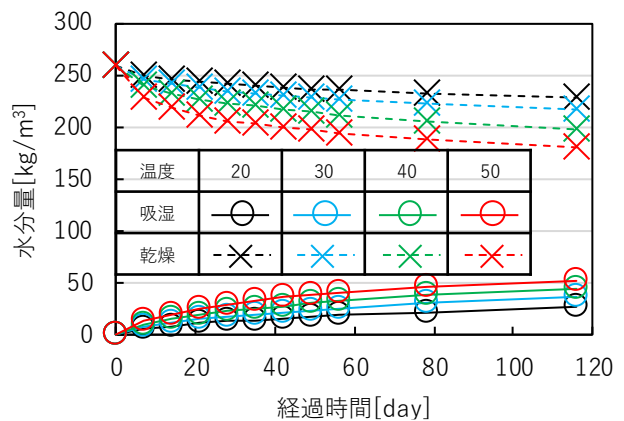


図-2 角柱供試体の水分量の経時変化

ープでシーリングした。

供試体の飽水量は、吸湿させる供試体の湿布養生終了直後の質量と炉乾燥終了直後の質量の差分の平均値より求め、乾燥させる供試体の水分量は飽水量を供試体の質量変化を減ずることによって求めた。吸湿させる供試体の水分量は、供試体の質量変化と同じものとした。

2.2 実験結果および考察

図-1 は、各温度環境下の薄板供試体の水分量の経時変化を示す。いずれの温度環境下でも乾燥過程の水分量は吸湿過程の水分量が多く、温度の増加に伴う水分量は少なくなる。温度の増加に伴う水分量の低下は吸湿過程についてはあまりないが、乾燥過程の 40°C 、 50°C については温度の増加に伴う水分量の低下は大きく、その影響は無視できないと考えられる。

図-2は、各温度環境下の角柱供試体の水分量の経時変化を示す。乾燥過程、吸湿過程ともに温度が高くなるほど、水分量の変化が大きくなる。吸湿過程について温度が高くなるほど水分量が低下したため、この結果は、温度が高くなることで内部の水分移動速度が明確に大きくなることを示している。

3. 温度がコンクリートの水分拡散係数に及ぼす影響の検討

3.1 計算概要

コンクリート中の水分移動を拡散型モデルにより表した場合、拡散係数とは、コンクリート中の液状水と水蒸気の移動を代表する値であり、それは水分量によって変化することが知られているが、温度の影響を受けた水分移動の拡散係数を、式(1)に示す拡散方程式と式(2)に示す境界条件式を用いて2章で述べた実験結果から逆算することで求め、温度がコンクリート内部の水分移動速度に及ぼす影響を検討するものとする。

$$\frac{\partial w_l}{\partial t} = D_w \frac{\partial^2 w_l}{\partial x^2} \quad (1)$$

ここに、 w_l : コンクリート中の液状水量 [kg/m³], D_w : コンクリート中の水分拡散係数[m²/s]である。

境界条件は式(2)で表現する。

$$J_b = D_w \frac{w_l - w_{lb}}{h} \quad (2)$$

ここに、 J_b : 境界での水分流束[kg/m²・s], w_{lb} : 平衡液状水量[kg/m³], h : 境界層の厚さ[m] (本研究では0.00075mとした)である。

計算するにあたり、平衡液状水量は図-1で示した116日時点の水分量を用いた。初期水分量については、乾燥させたものは飽水量とし、吸湿させたものは0とした。実験に用いた角柱供試体は側面を気密防水テープでシーリングしたため、計算は160mmの長さ方向に1次元で行った。

3.2 同定された水分拡散係数に関する検討

図-3は、図-2に示した質量の経時変化の実験値と逆算した水分拡散係数により求めた計算値の比較を示している。図-4は、横軸が供試体の暴露温度、縦軸を逆算により求めた水分拡散係数 D_w を示している。

図-4より、乾燥過程および吸湿過程ともに温度の増加に伴い D_w は増加している。乾燥過程と吸湿過程を比較すると、温度の増加に伴う D_w の増加は吸湿過程の方

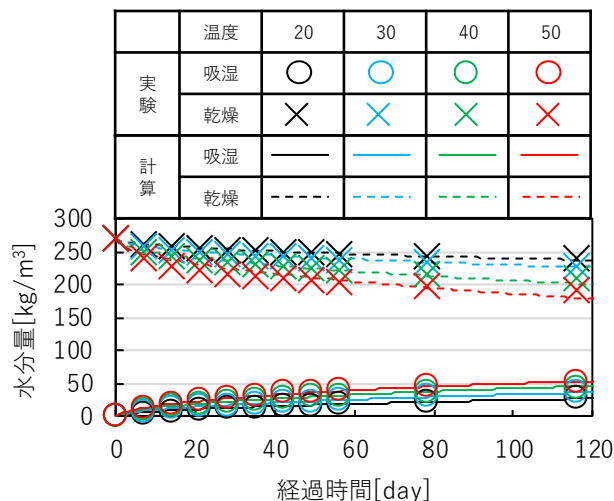


図-3 図-2の再現計算

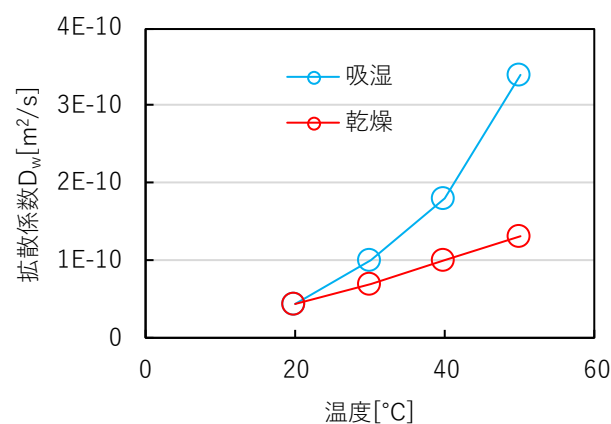


図-4 水分拡散係数の温度依存性

が大きい。水分量が少ない吸湿過程における水分移動は水蒸気移動による影響が大きく、水分量が多い乾燥過程における水分移動は液状水移動による影響が大きい。そのため、この結果は温度がコンクリート中の水分移動に及ぼす影響を表現する際には、水蒸気移動、液状水移動それぞれに温度が及ぼす影響をメカニズムに則り表現することが望ましいことを示している。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す

- 1) 温度が高くなるとコンクリートの平衡時の水分量が低下する。吸湿過程では、温度の増加に伴う平衡時の水分量の低下量は小さいが、乾燥過程では、40、50°Cのように高い温度になると低下量が顕著になることがわかった。
- 2) 温度が高くなるとコンクリート内部の水分拡散係数は増加し、その増加は乾燥過程より吸湿過程のほうが大きいことがわかった。