

V-122

等温吸湿実験によるコンクリートの保水性に関する基礎的研究

鉄建建設技術研究所 正会員 柳 博文
 福井大学工学部 正会員 福原輝幸
 鉄建建設技術研究所 正会員 松岡 茂

1. はじめに

漏水、結露といった水問題や乾燥収縮、凍結融解等の耐久性の問題を解決するには、長期にわたるコンクリート中の熱・水分移動の研究が重要である。コンクリート母材中の水分移動は温度勾配下で、かつ不飽和状態で生じる場合が一般的であるが、その挙動には不明な点が多く残っている。その原因は不飽和コンクリート中の水分量の計測精度、および不飽和浸透に関わる物理的（保水性および透水性）パラメータの同定が十分とは言えないからである。特に後者については、既往の研究が限られた条件で実験が行われているために、系統的な整理ができないことに起因する^{1) 2)}。従って、既往の成果を単純に配合の異なるコンクリートに引用して、浸透過程や蒸発乾燥過程を計算予測する場合には、大きな誤差を生むことが懸念される。

そこで、今回水セメント比を変えた等温吸湿実験を行ったので、その結果をここに紹介する。

2. 実験方法および実験装置

本実験では、湿潤過程の中で供試体の目標体積含水率 θ を設定し、各 θ に対して供試体内の相対湿度 RH および温度 T を測定する。

コンクリート配合表を表-1に示す。今回作成するコンクリート供試体は、単位水量を同一にして、水セメント比 (W/C) を変えたものである。

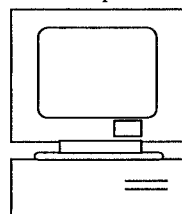
養生方法は水中養生とし、養生期間は28日間である。供試体は、 $0.10 \times 0.10 \times 0.40\text{m}$ の角柱ブロックを $0.04 \times 0.04 \times 0.05\text{m}$ にカットして製作される。供試体の中心には、予め深さ 0.045m の穴($\phi 14\text{mm}$)をあけておき、温湿度センサー（株）ヴァイサラ製）を挿入する。供試体の性質はできるだけ同じであることが必要なので、空隙率が同じになるような供試体を抽出する。空隙率は供試体を水槽で約2ヶ月間寝かせた後、温度 105°C で炉乾燥させ、重量が一定になった時点での減重量から決定される。本実験における各W/Cの平均的な空隙率は、W/C=30、50、70%に対してそれぞれ12.1%、13.3%、14.1%である。

図-1に実験装置の概要を示す。供試体を気密性の高いフィルムでラップし、その上からさらにワックス（蝋）を塗布して測定中の水分の乾燥を防止する。実験は、 $RH=50\%$ 、 $T=25^\circ\text{C}$ の恒温恒湿室で供試体が熱・水分的に平衡状態になるまで行われる。

表-1 コンクリート配合表

W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位体積重量(kg/m^3)			
			W	C	S	G
30	45	4.5 ± 1	165	550	728	901
50	45	4.5 ± 1	165	330	811	1003
70	45	4.5 ± 1	165	236	845	1047

Personal computer



A/D converter

Sealant

Wax

Wrapping

Wrapping

Concrete block

RH-T sensor

図-1 実験装置の概要

キーワード：毛管水頭、毛管浸透、飽和度、水セメント比

〒286 成田市新泉 9-1 TEL: 0476-36-2355 FAX: 0476-36-2380

〒910 福井市文京 3-9-1 TEL: 0776-23-0500 FAX: 0776-27-8746

3. 毛管水頭の算定

毛管水頭を直接測定することはできないので、ここでは相対湿度(RH)と温度(T)の測定値からケルビンの関係を用いて、 θ と ψ の関係が決定される。ケルビンの関係より、マトリックスポテンシャル水頭 ψ と RH の関係は、式(1)のように求まる¹⁾。

$$\psi = R_v T \ln(RH) / g \quad (1)$$

ここで、 R_v ：水蒸気的气体定数、 T ：温度(K)、 g ：重力加速度、 ψ ：圧力水頭(<0)である。

4. 実験結果と考察

実験は相対湿度と温度の経時変化を測定し、供試体が熱・水分的に平衡状態になったところで終了する。平衡状態に達するまでの時間は、 W/C や θ によって差があるが2～3ヶ月間ぐらいである。

図-2に水セメント比 W/C の違いにおける飽和度(S_r)と相対湿度(RH)の関係を示す。 RH は W/C に関係なく、 S_r の増加と共に上に凸のような分布形状で増大する。 S_r の増大に伴う RH の増加率は、 $S_r \leq 20\%$ の乾燥状態で特に大きく、それ以後は緩やかな増加傾向にある。本実験結果によると、 $RH=100\%$ に達する S_r の値 S_{rs} は $W/C=30\%$ で $S_{rs} \approx 90\%$ 、 $W/C=50\%$ で $S_{rs} \approx 78\%$ 、 $W/C=70\%$ で $S_{rs} \approx 70\%$ であり、 W/C が大きいほど S_{rs} は小さくなる。また、今回の実験の S_r の範囲においては、同じ S_r に対して W/C が大きいほど RH は大きい。

図-3に式(1)によって計算された毛管水頭(ψ)と飽和度(S_r)の関係(水分保水曲線)を示す。まず、毛管水頭の絶対値 $|\psi|$ と S_r の関係を見ると、 W/C に関係なく $|\psi|$ は乾燥状態から $S_{rs} \approx 20\%$ まで、 S_r の増加に伴って急激に減少する。特に、この傾向は W/C が小さいほど明瞭となる。その後、 S_r の増大に伴う $|\psi|$ の減少は鈍化する。

次に、図-4に S_r をパラメータとしたときの ψ と W/C の関係を示す。同図より、(i)同じ S_r でも W/C が小さいほど $|\psi|$ は大きい、(ii) W/C の違いによる ψ の変化量は、 S_r が小さいほど大きい、ことが判る。例えば、 $S_r=9\%$ 付近では、 $W/C=30\%$ と 70% の ψ の差は 1.5×10^4 m、 $S_r=60\%$ 付近でも 2.8×10^3 mとなっており、コンクリートの保水性へ及ぼす W/C (配合)の影響は大きいと思われる。

5. おわりに

今回の実験で W/C の違いによる毛管水頭と飽和度の関係(水分保水曲線)を得ることができた。今後、水セメント比の違いによって生じた保水曲線の違いが不飽和透水係数や毛管浸透にどのように影響してくるかを検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 例えば、福原ら：コンクリートの毛管浸透と非定常法による不飽和透水係数の算定、土木学会論文集第5部門、1997.5.掲載決定
- 2) 例えば、秋田ら：モルタルの乾燥・吸湿・吸水過程における水分移動、土木学会論文集、V-13、1990.8.

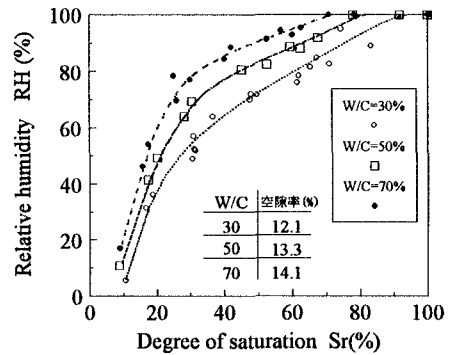


図-2 S_r と RH の関係

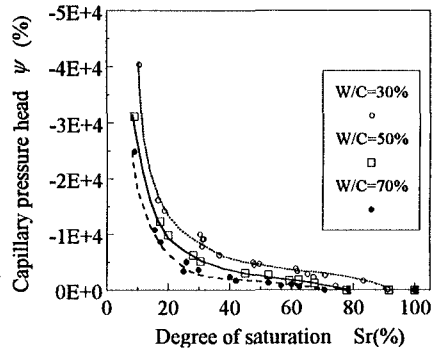


図-3 水分保水曲線

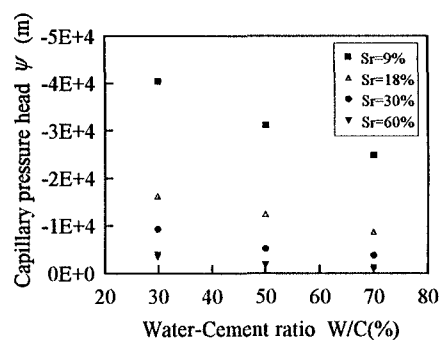


図-4 ψ と W/C の関係