

V-529

コンクリートの毛管力に関する一考察

(株)ホクコン 正員 田中 彰
 福井大学 正員 福原輝幸
 (株)ホクコン 指岡貴洋

1. はじめに

近年、地価高騰の著しい都市近郊住宅地において、土地の立体的有効利用が注目され、地下空間を利用したRC構造による地下室の需要が増加している。しかし、我が国のような地下水位の高い地盤中の地下空間では、地下室の水対策が大変重要になってくる。地下水は、液状水（漏水）や水蒸気といった相でコンクリート壁体中を通り地下室内に入り込む。さらには、地下室は地上や周囲地盤との熱的相互作用もあって地下室の漏水・結露の実態はまだ明らかにされていない。

これら漏水・結露といった水問題を解決するには、長期にわたるコンクリート中の熱・水分移動の予測が必要となる。コンクリート母材中の水分移動は温度勾配下の多孔媒体中の不飽和浸透に帰着するため、先ず以てコンクリートの透水性に関する定量的評価を行う必要がある。つまり、コンクリートの含水率の変化による毛管力や透水係数の変化を明らかにすることである。

本研究では、コンクリートの透水性に関する定量的な評価方法を確立することを目的として、まずコンクリートの含水率と毛管力の関係を求めるために、平衡含水率と湿度の関係を実験的に調べた。その結果、コンクリートの不飽和透水係数を知る上で基礎的なデータを得たので、ここに報告する。

2. 実験方法・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 ）が設定され、各 θ に対して供試体内の相対湿度（RH）および温度（T）が測定される。これらの測定値およびケルビンの関係を用いて、体積含水率（ θ ）と毛管水頭（ ϕ ）の関係が明らかにされる。

実験に用いるコンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=350 \text{ kgf/cm}^2$ とし、配合は表-1に示される。供試体は $0.10 \times 0.10 \times 0.40 \text{ (m)}$ のコンクリート角柱ブロックを $0.04 \times 0.04 \times 0.06 \text{ (m)}$ にカットして製作され、その中心に温湿度センサー（ ϕ ヴァイサラ）を挿入するために、深さ 0.045 (m) の穴（ $\phi 13 \text{ mm}$ ）がけられる。実験装置の概要が写真-1および図-1に示される。相対湿度（RH）と温度（T）の測定は、恒温恒湿室（RH=50%, T=25°C）の中で供試体が熱・水分的に平衡状態になるまで行われる。また、供試体は図-1のような発砲スチロール

表-1 配合表

Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	w/c (%)	s/a (%)	Unit weight (kgf/m ³)						
					W	C	S	G15	G20	Ad-1	Ad-2
20	8 $\pm$ 2.5	1.5 $\pm$ 1	41	45	165	375	796	504	504	28	3.22

Ad-1: Expansive additive
 Ad-2: Water reducing agent

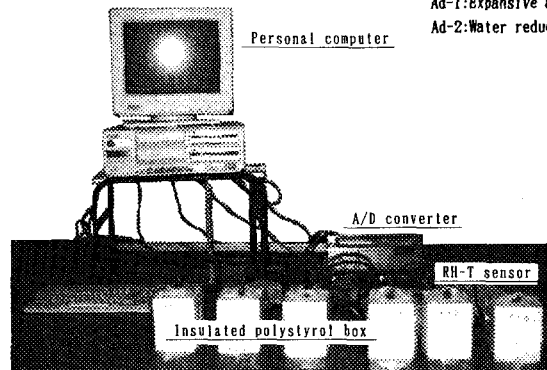


写真-1 実験装置の概要

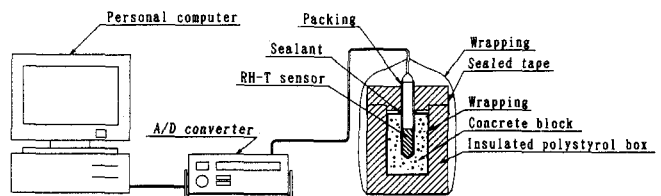


図-1 実験装置の概要

箱の中にセットされ、測定中の乾燥が防止される。

3. 毛管水頭（ ϕ ）の算定

毛管水頭（ ϕ ）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 ϕ の関係が決定される。

液状水の化学ポテンシャル（ μ_L ）および水蒸気の化学ポテンシャル（ μ_v ）はそれぞれ次式で与えられる。

$$\mu_L = \mu_L(T) + (P_L - P_G) / \rho_L \quad \text{..... (1)}$$

$$\mu_v = \mu_L(T) + R_v T \ln(RH) \quad \text{..... (2)}$$

ここで、 $\mu_L(T)$: 基準温度 T での液状水の化学ポテンシャル, P_G : 飽和蒸気で平衡状態にある自由水に対するガス圧、通常大気圧, P_L : 液状水の圧力, ρ_L : 液状水の密度, R_v : 水蒸気のガス定数, RH: 相対湿度, T: 温度。

相平衡状態のとき、 $\mu_L = \mu_v$ となり、毛管水頭（ ϕ ）は式（3）のように表される。

$$\phi = \frac{P_L - P_G}{\rho_L g} = \frac{R_v T}{g} \ln(RH) \quad \text{..... (3)}$$

ここで、g: 重力加速度。

4. 実験結果と考察

供試体が熱・水分的に平衡状態であることは、図-2のような相対湿度（RH）と温度（T）の経時変化を表すモニターを通して容易に確認できる。

図-3に体積含水率（ θ ）と相対湿度（RH）の関係を示す。RHは θ の増加と共に増大する。詳しく見ると、このRHの増加率は $\theta \leq 3\%$ の乾燥状態では大きく、 $3\% \leq \theta \leq 8\%$ の不飽和含水状態では小さい。しかしながら、 $\theta \geq 8\%$ の湿潤状態になると再びRHは θ と共に急増大する。

図-4に、式（3）に従って計算された体積含水率（ θ ）と毛管水頭（ ϕ ）の関係（水分保水曲線）が示される。乾燥状態から θ の増加に伴って毛管水頭の絶対値 $|\phi|$ は減少する。この $|\phi|$ の減少は図-3からも予想できるように、見かけ上乾燥した状態から湿潤が始まる含水状態（ $\theta = 2\%$ 前後）および、不飽和から飽和状態へ移行する過程（ $\theta \geq 8\%$ ）で著しい。さらに、コンクリートの水分保水曲線が砂や粘土のそれと相似であることは、興味深い。

5. おわりに

コンクリートの平衡含水率と湿度の関係を実験的に求め、ケルビンの関係から体積含水率の変化に伴う毛管力の変化（水分保水曲線）を得ることができた。その結果、コンクリートの水分保水曲線は土のそれと相似であることがわかった。

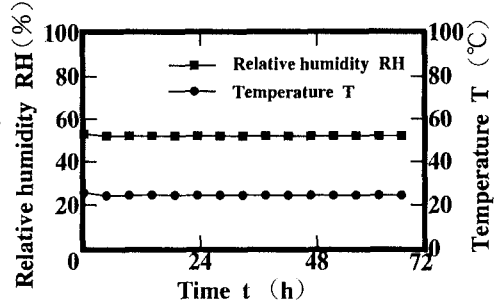


図-2 RH-Tの経時変化

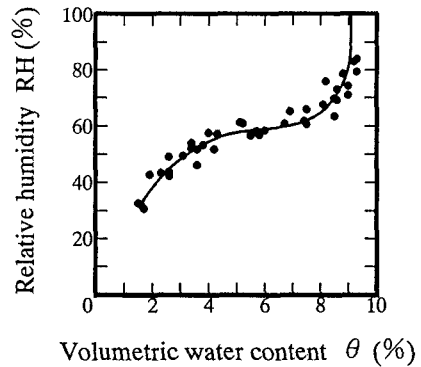


図-3 θ - RHの関係

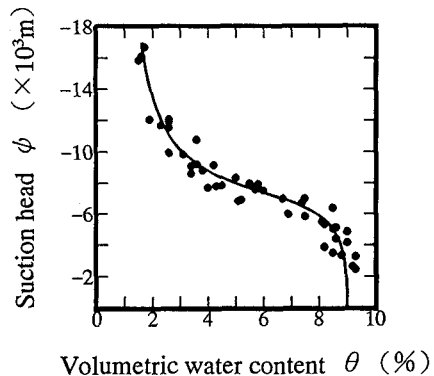


図-4 水分保水曲線