

V-276 水蒸気拡散試験法による透水係数の予測について

熊谷組 技術研究所 正会員 坂口雄彦
熊谷組 技術研究所 正会員 伊藤 洋

1. はじめに

コンクリートの透水性および耐久性品質を簡便に評価する透水性試験法として、著者らは水蒸気の透過性を利用した水蒸気拡散試験法について研究を進めている。これまでの実験から、本試験法により精度よく水蒸気拡散係数を測定できることを確認している。

本論では、一般的に透水性を表現する指標として用いられている透水係数と本試験法により得られた水蒸気拡散係数の関係を検討した。基本的に両者に比較的良好な相関がみられたのでここに報告する。

2. 試験方法の概要

水蒸気拡散試験法は、図-1に示すように単純なアルミ製容器に厚さ2 cm程度に円柱供試体を切断した供試体を挟み、水を水蒸気の状態にして供試体内を透過させてその抵抗率を測定するものである¹⁾。試験手順は、まずカップ内に純水（イオン交換水）を150cm³程度入れて供試体をセットし（写真-1）、所定の温度に設定した乾燥炉内に設置する。乾燥炉の温度は、50～80℃程度を設定する（写真-2）。この時点で乾燥路内の相対湿度を測定する。測定は、カップの重量を経時的に測定する。重量の変化率から、次式により水蒸気拡散係数を算定することができる。

$$D = J_v \cdot R_v T / [P \cdot \ln \{ (P - p_{v1}) / (P - p_{v0}) \}] \quad (1)$$

ここに、 J_v ：水蒸気のマスフラックス密度（kg/m²s）、 R_v ：水蒸気的气体定数（461.64 Pa m³ / kg K）、 T ：絶対温度（K）、 l ：供試体の厚さ（m）、 P ：湿り空気的全圧（一般的には標準大気圧； $P=101.3\text{kPa}=760\text{mmHg}$ ）、 p_v ：水蒸気の分圧（Pa）、 $p_v=H p_{vs}/100$ 、 H ：相対湿度（%）、 p_{vs} ：飽和水蒸気圧（Pa）、であり、添字0は供試体下面（容器内）、1は供試体上面（乾燥炉内）での値を示している。

一方、水蒸気拡散係数は、設定温度の影響を多少受け、次式により補正することができる²⁾。

$$D_T = a T^{1.65} \quad (2)$$

ここに、 a ： D_T に算定される係数、 D_T ：任意の絶対温度 T における水蒸気拡散係数である。

3. 試験供試体および試験方法

本論における試験供試体は、透水係数の差異を持たせる意味から、コンクリート供試体以外のものについても実施した。供試体の種類としては、珪砂、岩石、ポラスコンクリート、モルタル、豆砂利コンクリート、普通コンクリート、高流動高強度コンクリートである。コンクリート系の W/C は、 $W/C=30\sim70\%$ である。透水係数は、コンクリートのような極低透水性媒体の測定を精度よく行うことは既存の方法では難しいと考えられるが、基本的にダルシー則に対応した境界条件となっている70t70法あるいは透気試験からの質量・粘性補正によって求めた。

一方、水蒸気拡散試験は、設定温度35,50,80℃(+273.15K)で、乾燥炉内の相対湿度は8.3～8.9%である。

4. 結果と考察

透水試験および水蒸気拡散試験結果を整理して、透水係数と水蒸気拡散係数の関係を図-2に示す。概ね両者には正の相関関係があることが認められる。透水係数の範囲が $10^{-3}\sim10^{-14}\text{m/s}$ であるのに対し、水蒸気拡散係数は $10^{-5}\sim10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$ と範囲が小さくなっている。これは、基本的に透水の場合は粘性流体であるため透過抵抗が大きく僅かな空隙径の差異が顕著に表れるのに対し、水蒸気の場合は分子レベルの透過であるため、nmオーダーまでの空隙が透過対象となるものと考えられ、透水に比較して対象となる相対的な空隙スケールが大きくなることにより顕著な差は現れないものと推察される。また、透水係数の測定精度に問題があり、供試体間のバツキが大きいことなどが考えられる。加えて、従来水密性の指標とされていた透水係数に関しては、それが $10^{-10}\sim10^{-12}\text{m/s}$ を下回る場合は、基本的に①水分の移動は水蒸気拡散が支配的となる領域であ

る可能性が大きいこと³⁾、②この領域での透水浸透が存在しても Re (レイリス数)《 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ であり、micro-seepage となって非ダルズ-則となること、あるいは始動浸透以下となること⁴⁾、などの問題があり、ダルズ-則を仮定した測定に無理があることなども無視できない。

以上のことから、基本的に本試験法によって測定される水蒸気拡散係数と透水係数には比較的良好な相関があることが示唆された。また、水密性や耐久性を評価する指標としては水蒸気拡散係数が妥当であり、透水係数にはいくつかの問題点があることを述べた。今後更にデータを蓄積して検討を進めるつもりである。

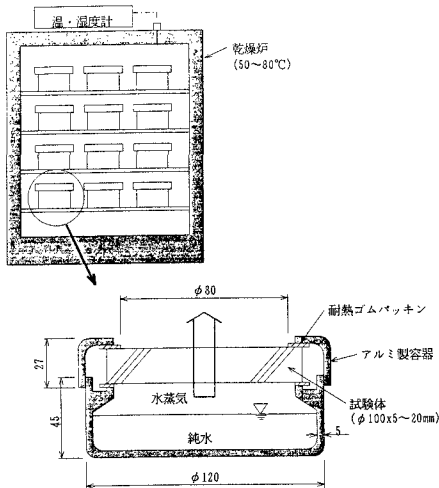


図-1 水蒸気拡散試験装置の概略

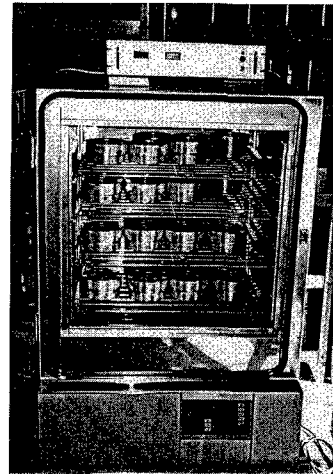


写真-2 乾燥炉内への容器の設置状況

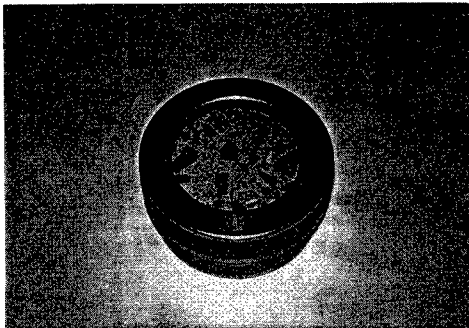


写真-1 容器のセット状況

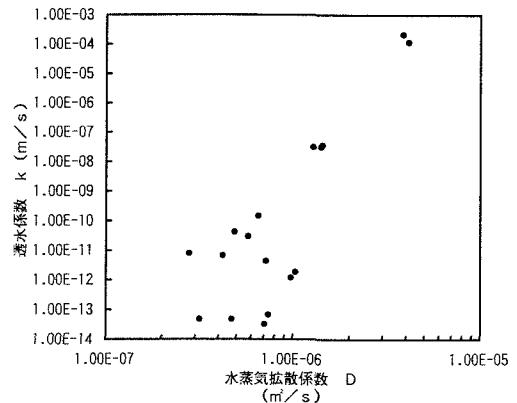


図-2 水蒸気拡散係数と透水係数の関係

参考文献

- 1) 伊藤洋・前村辰二・坂口雄彦：水蒸気拡散法によるコンクリートの透水性評価試験について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14，No.1，pp.733～738，1992.
- 2) 伊藤洋・坂口雄彦：水蒸気拡散試験における設定温度の影響について，土木学会年次学術講演会，Vol.48，V部門，pp.996～997，1993.9.
- 3) 伊藤洋ほか：地下空間内外環境に係わるコンクリートの透水性評価について，土質工学会「都市地下空間利用における大深度地盤に関するシンポジウム」，pp.221～226，1993.11.
- 4) たとえば佐藤邦明：低レイリス数浸透流における吸着水の影響について，土木学会論文集，187号，1971.