

V-224

コンクリートの透気係数に及ぼす水分分布の影響に関する研究

宇都宮大学工学部 正会員 氏 家 勲
東京工業大学工学部 正会員 長 滝 重 義

1. はじめに

コンクリートの透気係数はコンクリートの乾燥の程度によって変化するが、その変化の程度がコンクリートから逸散した水分量によって定まることは既に明らかにされている¹⁾。しかしながら、コンクリートから逸散した水分量が同じであっても、乾燥過程に形成されるコンクリート内部の水分分布の相違により、コンクリートのみかけの透気係数は異なった値となる。そこで本研究は水分分布が一樣な場合のコンクリートの透気係数を用いて、水分分布が一樣でないコンクリートの平均透気係数を算出することを試み、コンクリート内部の水分分布が透気係数に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

本実験においては、セメントに普通ポルトランドセメント、細骨材に鬼怒川産川砂(比重2.65, F.M. 2.85)、粗骨材に鬼怒川産碎石(比重2.65, F.M. 6.73)を使用した。本実験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。供試体は28日間水中養生を行った後、供試体の4側面をビニール系粘着テープでシールし、恒温恒湿室(温度20℃、湿度60% R.H.)で所定の日数まで乾燥した。

コンクリート内部の水分分布の測定には電極法を用いた。図1は電気抵抗を測定する回路および電極の埋め込み位置を示す。

表1 コンクリートの配合および品質試験結果

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 (g/m ³)	AE助剤 (g/m ³)	スランパ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G					
50	46	164	328	831	991	295	14.8	8.3	4.2	

AE減水剤: リグニンスルホン酸化合物²⁾ オール複合体 AE助剤: アルキルアリルスルホン酸塩

コンクリートの透気試験は図2に示す装置を用いて行い、またコンクリートの透気係数は次式を用いて算出した。

$$K_t = (2LP_0V_0) / (P_n^2 - P_0^2) \quad (1)$$

K_t : 透気係数 [$\text{cm}^2 / \{\text{s}(\text{kgf}/\text{cm}^2)\}$], P_n : 载荷圧力 (kgf/cm^2), P_0 : 大気圧 (kgf/cm^2), L : 供試体厚さ (cm), V_0 : 見かけの流速 (cm/s)

3. 実験結果および考察

図3は供試体厚さ15cmのコンクリート内部の電気抵抗の経時変化を示す。ここで乾燥に関して供試体は左右対称であるので、供試体中心の測定点以外は中心に対して対称の位置にプロットしてある。コンクリートの電気抵抗は乾燥日数が進むにつれて大きくなっているが、乾燥面に近いものほどその増加割合が大きくなっている。次にコンクリートの電気抵抗から逸散水分量を求めるために、本実験においては図4に示す電気抵抗の増加率(R_t/R_0), 任意の乾燥日数における電気抵抗/乾燥開始時における電気抵抗)と飽和度($1 - \varepsilon_t/\varepsilon_s$, ε_t : 逸散水分量, ε_s : 全逸散可能水量)の関係を用いた。電気抵抗の増加率は図1に示す15×15×6cmの供試体を用い、逸散水分量は供試体の重量変化より求め、また全逸散可能水量はコンクリートを100℃で乾燥させた場合に逸散する水分量とした。図4の関係をjを用いて求めた乾燥日数110日のコンクリート内部の空隙率(逸散水分量/コンクリートの体積)の分布を図5に示す。空隙率は図5に示すように供試体を分割し、その区間においては空隙率が一樣であるとして求めた。図中に示す逸散水分量は重量変化から求めた

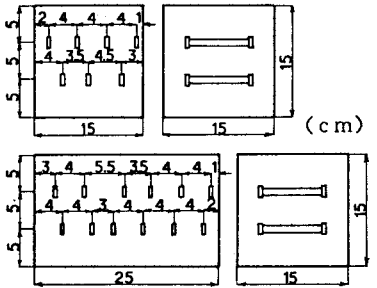
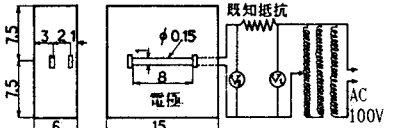


図1 電気抵抗測定回路および電極埋め込み位置

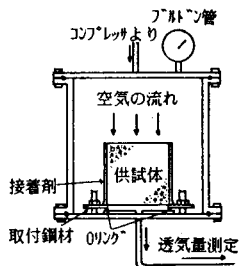


図2 透気試験装置

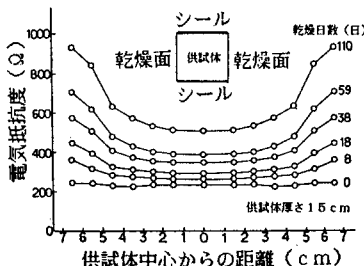


図3 電気抵抗の経時変化

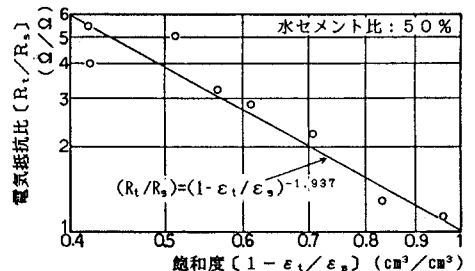


図4 コンクリートの電気抵抗比と飽和度の関係

値と電気抵抗から計算した値であるが、両者はほぼ一致している。

次に空隙率分布が一樣でないコンクリートのみかけの(平均)透気係数について検討を加える。コンクリートの各位置で空隙率が異なっていることから、コンクリートの透気係数も異なっていると考える。そこで多層地盤における浸透の場合と同様に²⁾、図5の結果から図6、7に示すようにコンクリートを異なる透気係数を有する層状の集合体とモデル化する。最初に、空気の流れが層に平行である場合(図6)、水平方向の平均透気係数を K_H とし、圧力勾配(dP/dX)は各層すべて同じであるので、全流量 Q_0 および各層における流量 Q_i ($i=1-n$)は $Q_0 = L b K_H (dP/dX)$ 、 $Q_i = L_i b K_i (dP/dX)$ ($i=1-n$)となる。さらに全流量は $Q_0 = \sum_{i=1}^n Q_i$ であるので、 K_H は以下のように表される。

$$K_H = (1/L) \sum_{i=1}^n L_i K_i \quad (2)$$

次に空気の流れが層に垂直である場合(図7)、平均透気係数を K_U とし、また各層の透気係数 K_i ($i=1-n$)の間には $K_i = K_{i+1} (P_{i+1}^2 - P_i^2) L_i / \{ (P_i^2 - P_{i-1}^2) L_{i+1} \}$ の関係があることから、供試体出口における見かけの流速 V_0 は各々 $V_0 = K_U (P_n^2 - P_0^2) / (2L P_0)$ 、 $V_0 = K_i (P_i^2 - P_{i-1}^2) / (2L_i P_0)$ となる。ここで $(1/P_0) (P_n^2 - P_0^2) = (1/P_0) \{ (P_n^2 - P_{n-1}^2) + (P_{n-1}^2 - P_{n-2}^2) + \dots + (P_2^2 - P_1^2) + (P_1^2 - P_0^2) \}$ であるので K_U は以下のように表される。

$$K_U = L / \sum_{i=1}^n (L_i / K_i) \quad (3)$$

以上のように空隙率が一樣でないコンクリートの平均透気係数は各層の透気係数および厚さによって表すことができる。

また、空隙率が一樣である場合のコンクリートの透気係数は既往の研究より以下の式で表される¹⁾。

$$K = C (\varepsilon^{2m-1} + A \varepsilon^{2m-2}) \quad (4)$$

ここで ε は空隙率、 m は電気抵抗の増加率と飽和度の関係(図4)から求まる係数、 A は空気量である。 C は空気の動粘性係数およびコンクリートの空隙構造(毛細管空隙の平均半径、空気の流れる通路の曲がりの程度)などによって決まる定数であり、本実験では空隙率分布が一樣であるコンクリートの実測された透気係数と一致するように C の値を定めた。

表2は図5に示す空隙率分布を有するコンクリートの透気係数の実験値と上述の(2)(3)(4)式を用いて求めた計算値を示す。供試体厚さ15cmにおいて、逸散水分量および空隙率分布が殆ど同じであるにもかかわらず、実測された水平方向の平均透気係数は垂直方向の平均透気係数より約2倍ほど大きくなっており、空気の透過方向によって透気係数は異なっている。さらに垂直方向の平均透気係数は空隙率が一樣と考えた場合の透気係数より小さくなっており、その程度は供試体厚さ25cmのものの方が大きい。また(2)(3)(4)式を用いて計算した透気係数は実験値とほぼ一致しており、水平方向の平均透気係数が垂直方向の透気係数より大きくなることなど、(2)(3)式の関係からも明かである。

4. 結論

異なった空隙率のコンクリートが層状にある場合の全体のコンクリートの平均透気係数は、その層に対して空気が水平に透過する場合の平均透気係数のほうが垂直に透過する場合の平均透気係数より大きくなる。さらにそれぞれの平均透気係数は空隙率が一樣な場合のコンクリートの透気係数を用いて計算することができる。

<参考文献>1) 氏家勲、長滝重義、坪野寿美夫 “コンクリートの透気係数の評価方法に関する研究” 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集 1987 2) 最上武雄編 “土質力学” 技報堂出版 1969

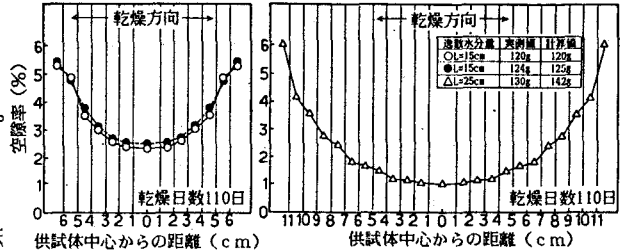


図5 コンクリート内部の空隙率分布

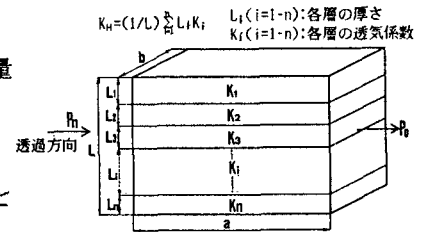


図6 水平方向の平均透気係数

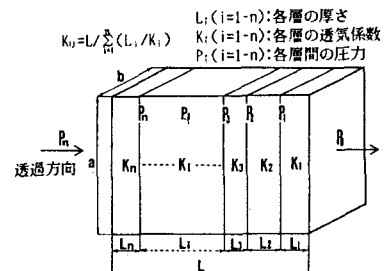


図7 垂直方向の平均透気係数

表2 透気係数の実験値および計算値

	水平方向 L=15cm	垂直方向 L=15cm	垂直方向 L=25cm
空隙率(%)	3.67	3.56	2.31
{逸散水分量(g)}	{124}	{120}	{130}
透気係数(実験値) (cm ² /[s·kgf/cm ²])	1.02 ×10 ⁻⁴	5.65 ×10 ⁻⁵	1.37 ×10 ⁻⁵
空隙率分布を考慮した 透気係数(計算値) (cm ² /[s·kgf/cm ²])	1.13 ×10 ⁻⁴	6.21 ×10 ⁻⁵	1.43 ×10 ⁻⁵
空隙率が一樣と仮定 した透気係数(計算値) (cm ² /[s·kgf/cm ²])	9.51 ×10 ⁻⁵	8.84 ×10 ⁻⁵	3.25 ×10 ⁻⁵