

V-27 乾燥により変化するコンクリートの透気係数の評価方法に関する研究

広成建設株式会社 正会員 ○関城寿幸
愛媛大学工学部 正会員 氏家 勲

1. はじめに

コンクリートの耐久性は多くの場合水セメント比で評価されているが、劣化メカニズムに対応したコンクリートの品質、即ち物質移動特性で評価することが合理的である。本研究はコンクリートの物質移動特性を求める方法として、試験方法が比較的簡単で時間のかからない透気試験に着目した。本研究では水セメント比の変化および再生骨材の使用により空隙構造を変化させた供試体の透気試験を実施し、乾燥の程度の異なるコンクリートの透気係数を、水分の逸散した空隙の量による空隙率の関数で表した空隙の連続性と透気係数の最大値を用いて評価することを試みている。

2. 実験概要

表-1は使用した骨材の品質を示す。コンクリートの配合においてどのコンクリートにおいても単位水量は 170kg/m^3 で一定とした。本実験では、 50°C の乾

表-1 使用した骨材の品質

骨材種別	比重	吸水率 (%)	ベ-スト or モルタル混入率 (%)	破砕時圧縮強度 (N/mm^2)
VS	2.60	2.12		
VG	2.65	0.59		
RS	2.34	9.17	34.6	41.7
RG-L	2.37	6.27	42.3	25.5
RG-M	2.41	5.58	44.3	41.7
RG-H	2.42	4.88	42.5	60.1

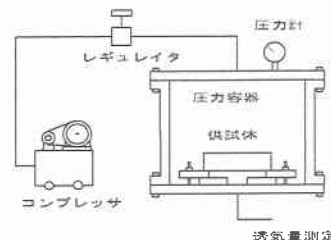


図-1 透気試験装置

燥炉により30日かけて水分の逸散量がほぼ一定になるまで乾燥させた供試体（空隙率最大）と、空隙率 $\{=(\text{逸散した水分体積}/\text{供試体体積}) \times 100(\%) \}$ が目標の値に達した $15 \times 15 \times 5\text{cm}$ の角柱供試体をそれぞれ側面に気密処理を施し、図-1に示す装置を用いて透気試験を実施した。透気係数は得られた透気量から次式を用いて算出した。

$$K = \frac{2LP_2}{P_1^2 - P_2^2} \frac{Q}{A} \quad (1)$$

K : 透気係数 ($\text{cm}^4/\text{N} \cdot \text{s}$), L : 供試体厚 (cm), P_1, P_2 : 载荷圧および大気圧 (N/cm^2), Q : 透気量 (cm^3/s), A : 透気面積 (cm^2)

3. 透気係数と空隙構造の関係

本研究では透気係数と内部の空隙構造を関係付けるために空隙構造のモデルに1つの管路において直径の異なるいくつかの管路で構成される毛管モデルを用いた。管路1本の平均流速をPoiseuilleの法則で表し、モデル全体に対して求めた流量と、モデルに対してDarcy則を適用して求めた流量を比較することにより、任意の空隙率 ε_x における透気係数 K_x および屈曲度 τ_x は(2)式および(3)式で表される。

$$K_x = \frac{c}{\mu} \frac{d_{av}^2}{\tau_x^2} \varepsilon_x \quad (2) \quad \frac{\tau_e}{\tau_x} = \left(\frac{S_x - S_{x0}}{1 - S_{x0}} \right)^n \quad (3)$$

全空隙率 ε_e での屈曲度 τ_e を(2)式を用いて表すと(4)式が得られ、(3)、(4)式を(2)式に代入すると(5)式が得られる。

$$\tau_e^2 = \frac{c}{\mu} \frac{d_{av}^2}{K_e} \varepsilon_e \quad (4) \quad K_x = S_x \left(\frac{S_x - S_{x0}}{1 - S_{x0}} \right)^{2n} K_e \quad (5)$$

c : 管路の形状に関する係数, μ : 粘性係数, d_{av} : 平均空隙径, τ_e : 全空隙率 ε_e での屈曲度, S_x : $\varepsilon_x/\varepsilon_e$, S_{x0} : 浸透しきい値, K_e : 全空隙率における透気係数

浸透しきい値 S_{x0} はある領域に要素がこの値以上の割合であれば領域の中に端から端まで連続した要素が存在するということを表すものであり、既往の研究で要素のつながりを面心立方格子とした場合に0.119を得ていることから¹⁾、本研究では $S_{x0}=0.1$ とする。また、本研究では全空隙率 ε_e とその場合の透気係数 K_e に 50°C の乾燥炉で乾燥させた供試体の結果を用いた。

4. 実験結果および考察

図-2は水セメント比を変化させた場合の空隙率と透気係数の関係を示す。図中の黒塗りは 50°C の乾燥炉に入れたコンクリートの結果である。また、図中の直線は $W/C=30\%$ （実線）と $W/C=65\%$ （破線）の結果を回帰したものである。 50°C で乾燥した場合に水セメント比の増加により全空隙率が高くなり、透気係数も高

くなっている。しかし、水セメント比が高くなるにつれて、空隙率と透気係数の関係は空隙率の大きいほうへ移動した位置にある。図-3はW/C=65%で再生骨材を使用した場合の空隙率と透気係数の関係を示す。黒塗りは50℃で乾燥した場合の結果であり、直線は川砂と碎石(VS+VG:

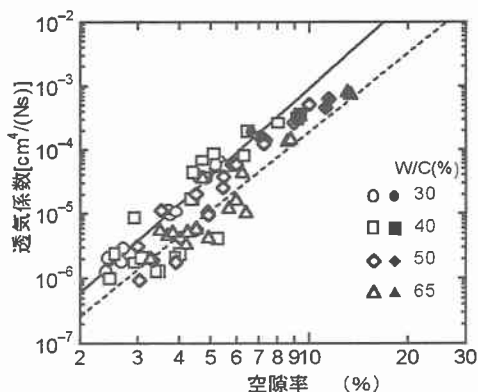


図-2 空隙率と透気係数の関係(W/C)

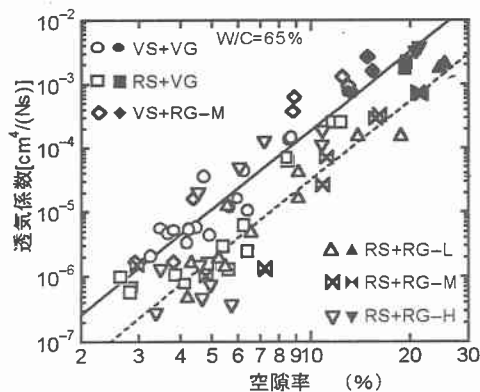


図-3 空隙率と透気係数の関係(再生骨材)

実線)および再生骨材(RS+RG-L:破線)の結果を回帰したものである。川砂あるいは碎石のどちらかを再生骨材と置き換えた場合には再生骨材の吸水率が大きいことから、全空隙率が大きくなり透気係数も大きくなっている。しかしながら、それらと比べてどちらも再生骨材を使用した場合には全空隙率は大きくなっているが、透気係数はあまり大きくない。また、再生骨材を使用した場合の空隙率と透気係数の関係は川砂と碎石を用いた場合の関係より空隙率の大きいほうへ移動した位置にある。

図-4および図-5は図-2および図-3に示される結果を(4)式で回帰して求めた屈曲度に関する指数n値を示す。水セメント比が増加するにつれてn値は小さくなっていることが分かる。これは、水セメント比が増加することにより、空隙の連続性が良くなったた

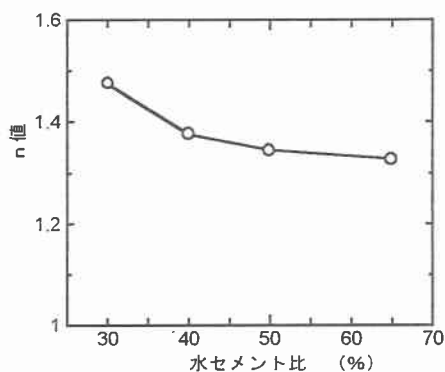


図-4 n値に及ぼす水セメント比の影響

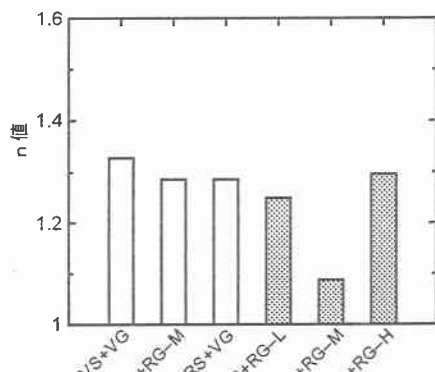


図-5 n値に及ぼす再生骨材の影響

めと考えられる。また、再生細骨材を用いたコンクリートでは川砂と碎石の場合と比べると、RS+RG-Mを除いてn値が若干小さくなっている。しかし、再生粗骨材を使用した場合、本実験ではn値は破砕時圧縮強度とは対応しなかった。

図-6は透気係数の実測値と(4)式による計算値の関係の一例を示す。図-4および図-5に示したn値を用いた場合には当然ではあるが、実測値と計算値はよく一致している。図-6には既往の研究²⁾で得られているn=1.7を用いた場合についても示している。n=1.7の場合でもほぼ一致しているが、透気係数の小さな範囲において計算値の方が小さく、計算値は実測値を過小評価している。既往の研究よりn値が小さくなった原因としては、単位水量が本研究のほうが大きかったことが考えられる。

5. まとめ

本実験の結果より、水セメント比の増加あるいは再生骨材を使用することによって、透気係数の評価式に含まれるn値は小さくなる。既往の研究の結果も含めてn値に1.5前後の値を用いればある程度の精度をもって透気係数を評価できると思われる。ただし、精度を高めるにはn値を与える一般的な方法を考える必要がある。また、50℃の乾燥では期間が長いことから、最大透気係数の与え方についても検討する必要がある。

なお、本研究は日本学術振興会「ライフサイクルを考慮した建設材料の新しいリサイクル方法の開発(研究代表者:長瀧重義新潟大学教授,プロジェクト番号:96R07601)に関する研究の一環として行ったものである。〈参考文献〉1)小田垣孝:パーコレーションの科学,裳華房,1993. 2)河野俊一,氏家勲:乾燥によるコンクリートの透気係数の変化に関する研究,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.21, No.2, pp.847-852, 1999.

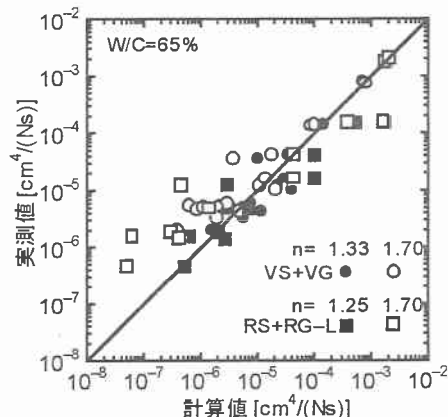


図-6 実測値と計算値の比較