

V-16 セメントおよび高炉スラグ微粉末を用いた硬化体の透気性に関する研究

○愛媛大学 学生会員 土屋崇
愛媛大学 正会員 氏家勲

1 はじめに

コンクリート構造物の耐久性を考える場合、コンクリートの密実性は極めて重要な項目の一つで、その指標としてコンクリートの透気係数がある。コンクリートの透気係数は物質移動係数の一つで、コンクリート内部の空隙構造に関係するが、影響を及ぼす空隙は全ての空隙ではなく、ある一定以上の大きさの空隙であり、さらに乾燥によって水分が逸散した空隙である。既往の研究において、透気係数の最大値を与えて、空隙の連続性をコンクリートの含水状態で表し、コンクリートの乾燥の程度により変化する透気係数を予測する評価方法が提案された¹⁾。しかしながら、コンクリートの透気係数は材料の特性にも影響を受けるので、結合材にセメント以外のものを用いた場合にこの評価方法が適用できるか不明なことが問題点として挙げられる。セメント以外の結合材には、環境保全の観点から、産業副産物の高炉スラグ微粉末などが今後セメントの代替結合材として使用されると考えられる。以上のことから本研究では、結合材に高炉スラグ微粉末を用いた高炉スラグ硬化体を作製し、既往の普通コンクリートの透気係数の評価方法が適用できるか検討を行った。

2 実験概要

2. 1 使用材料および配合

本研究で作製した供試体の使用材料を表-1 に示す。また、作製した高炉スラグ硬化体と普通コンクリートの配合をそれぞれ表-2、表-3 に示す。

表-1 使用材料

セメント C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.14g/cm ³
高炉スラグ微粉末 BP	エスメント, 密度 2.89g/cm ³
消石灰 CH	工業用消石灰, 密度 2.26g/cm ³
細骨材 S	砕砂, 表乾密度 2.58g/cm ³
粗骨材 G	砕石, 表乾密度 2.61g/cm ³

表-2 高炉スラグ硬化体の配合

W/(BP+CH) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	BP	CH	S	G
41	45	220	488	49	655	810

表-3 普通コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
40	44	180	450	739	940
65	47	173	254	878	1002

2. 2 透気試験

透気試験は供試体の透気面以外の4側面をエポキシ樹脂系接着剤で気密処理を行い、図-1 に示す装置を用いて実施した。圧力容器内には 0.2N/mm² の空気圧を与え、透気量は空気圧を与えて2時間後に測定した。透気係数(実測値)は得られた透気量から次式に示す Darcy 則により求めた。

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

ここで、 K : 透気係数(cm⁴/Ns), L : 供試体厚さ(cm), P_1 : 載荷圧力(N/cm²), P_2 : 大気圧(N/cm²), Q : 透気量(cm³/s), A : 透気面積(cm²)である。

2. 3 透気係数の評価方法

50℃の乾燥炉を用いて供試体を完全に乾燥させた後に2. 2と同様に透気試験を行い、得られた透気係数を最大値 K_e 、そのときの空隙率を全空隙率 ϵ_e とした。これらの値から既往の研究より提案された次式を用いて透気係数(計算値)を算出した。

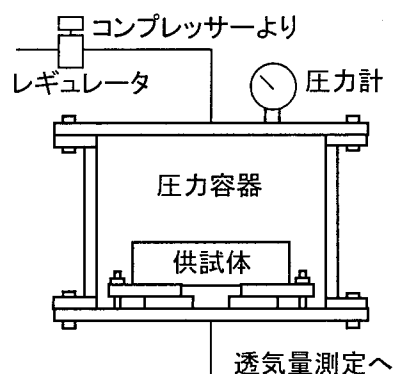


図-1 透気試験装置

$$K_x = S_x \left(\frac{S_x - S_{x0}}{1 - S_{x0}} \right)^{2n} K_e \quad (2)$$

ここで、 S_x は空気に関する飽和度で、全空隙率 ε_e に対する任意の空隙率 ε_x の割合 ($S_x = \varepsilon_x / \varepsilon_e$) である。 S_{x0} は浸透理論において浸透しきい値と呼ばれるもので $S_{x0} = 0.1$ である。指数 n は未知数で、既往の研究では式 (2) の ε_x 、 K_x に透気試験により得られた実測値をそれぞれ代入することによって n を算出し、得られた値は配合の違いによる変化の範囲が小さかったので、平均値である 1.7 を普通コンクリートの指数 n としている¹⁾。

3 結果および考察

3.1 透気試験による透気係数

透気試験より得られた空隙率と透気係数の関係を図-2 に示す。高炉スラグ硬化体は普通コンクリートに劣らない密実性を有していると考えられる。

3.2 透気係数の計算値と実測値の比較

$n=1.7$ を用いて式 (2) により各供試体の透気係数をそれぞれ予測し、算出された計算値と透気試験で得た実測値を比較した結果を図-3 に示す。普通コンクリート W/C=40%、65%の透気係数は、既往の研究通り、ある程度の精度をもって計算値は実測値を予測しているといえる。一方、高炉スラグ硬化体の透気係数は計算値と実測値が一致していない。そこで、高炉スラグ硬化体の指数 n を 1.7 と定めず、式 (2) の ε_x 、 K_x に 3.

1の透気試験で得られた実測値を代入して算出すると 1.2 であった。 $n=1.2$ を用いて式 (2) により透気係数を予測すると、当然計算値は実測値とよく一致した。指数 n が異なる原因として、表-4 に示すように高炉スラグ硬化体の全空隙率 ε_e が普通コンクリートより大きいことが、その要素を含む式 (2) に影響を及ぼしているからであると考えられる。また、既往の実験データと本研究で得られた範囲での全空隙率 ε_e と指数 n の関係を図-4 に示す。図の近似曲線から得られる n は、本研究で用いた値と概ね一致している。よって、指数 n は全空隙率との関係から決定できると考えられる。

4 まとめ

普通コンクリートでは $n=1.7$ 、高炉スラグ硬化体では $n=1.2$ を用いることで、既往の透気係数の評価方法を適用できることが示された。高炉スラグ硬化体の全空隙率が普通コンクリートよりも大きいことが指数 n に影響したと考えられる。よって、使用する結合材が異なる場合、指数 n は全空隙率との関係から決定できることが示された。

参考文献

1)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，No.2/Vol.21, pp.847-852, 1999

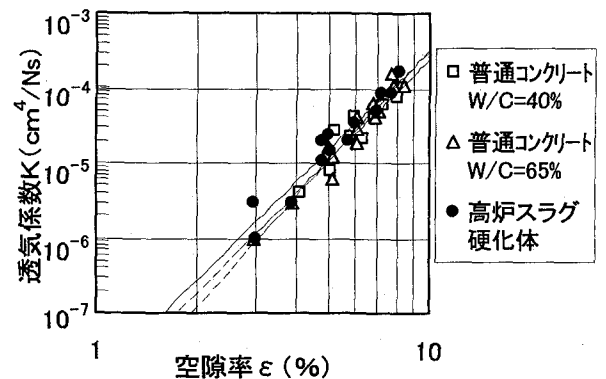


図-2 空隙率と透気係数 (実測値)

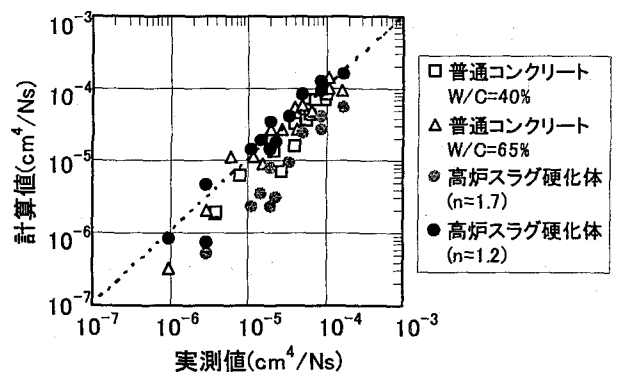


図-3 透気係数の計算値と実測値の比較

表-4 各供試体の全空隙率 ε_e

高炉スラグ硬化体	19.55(%)
普通コンクリート W/C=40%	13.50(%)
普通コンクリート W/C=65%	13.95(%)

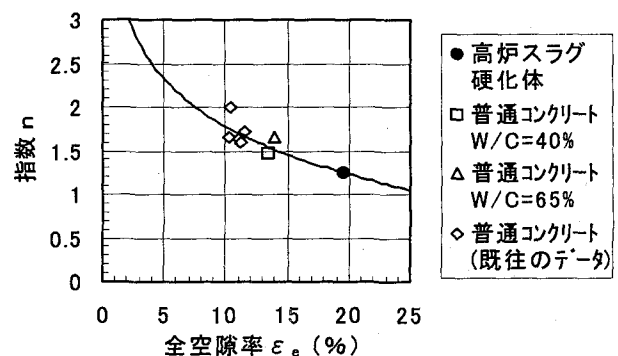


図-4 全空隙率と指数 n の関係