

V-480

セメント硬化体の緻密性の測定方法に関する一考察

J R 東海 正会員 永尾拓洋
早稲田大学 正会員 関 博

1. まえがき

セメント硬化体の緻密性を評価する試験方法には、気体、液体あるいはイオンの移動に対する抵抗性を利用する方法がよく用いられているが、空隙の飽水率に非常に影響を受ける。このため現実には、供試体を設定が容易な絶乾状態あるいは飽水状態にし、緻密性を相対的に評価する方法が考えられる。本研究では、測定方法(透水、酸素拡散、比抵抗)、供試体の含水状態設定法(乾燥、水中浸漬)、材令などを相違させて、モルタルの緻密性に関して実験的に検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製と配合

本実験では、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は相模川産川砂を使用した。モルタルの

配合を表1に示す。7日間的水中養生後、ダイヤモンドカッターにより、透水試験および比抵抗試験については $\phi 150 \times 50 \text{ mm}$ 、酸素拡散試験については $100 \times 100 \times 10 \text{ mm}$ の寸法に成型した。その後、供試体は含水状態の設定(乾燥、水中浸漬)を施すまで実験室中で保存した。

2.2 実験方法

所定の材令(35日、61日、124日)で3種の試験(透水、酸素拡散、比抵抗)を行なった。透水試験および酸素拡散試験については、 105°C 炉乾燥、 60°C 炉乾燥、 40°C 真空乾燥を、また比抵抗試験については、水中浸漬(3週間)を、供試体の含水状態設定法として施した。さらに、各材令で含水状態の設定を施さない供試体に関して、全空隙量の測定およびポロシメーターによる細孔径分布の測定を行なった。なお、 60°C 炉乾燥と 40°C 真空乾燥の前処理を施した供試体の飽水率は、ほぼ同一の値が得られ、透水試験用供試体で約22%、酸素拡散試験用供試体で約13%であった。

2.3 緻密性を測定する各試験方法

1) 透水試験

透水試験は試験圧力 5 kg/cm^2 の水圧を3時間作用させ、インプット法(浸透深さ方法)により平均浸透深さを測定した。

2) 酸素拡散試験

酸素拡散試験は供試体両面を同じ圧力に保ち、片面には 235 cc/min の割合で窒素ガスを、別の片面には 150 cc/min の割合で酸素ガスを流し続け、窒素ガス中の酸素ガス濃度を微量酸素分析計により測定し、ほぼ一定値となったときを定常状態と判断して、酸素の拡散係数を算出した。

3) 比抵抗試験

比抵抗試験は、供試体上下面にカルボキシメチルセルロースを塩水(濃度 5%)で練ったゲル状の物質を塗った後、銅版を張り付け、交流付加電圧 10 mV 、周波数範囲 $10 \text{ mHz} \sim 100 \text{ KHz}$ でインピーダンスの測定を行ない、 1 KHz におけるインピーダンスの実数成分を比抵抗に換算した。

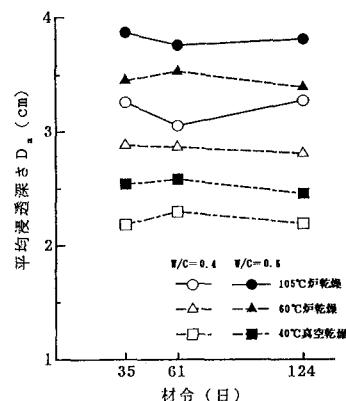


図1 透水試験結果

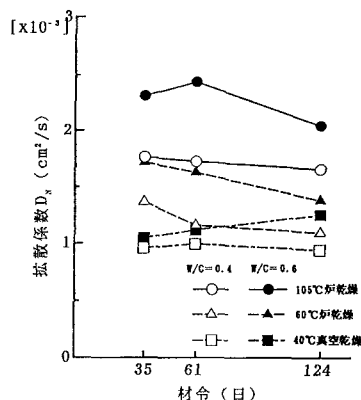


図2 酸素拡散試験結果

3. 実験結果および考察

1) 材令の経過に伴う空隙構造の変化

材令の経過に伴い供試体の全空隙量は減少するが、半径 $37\sim 75000$ Åの範囲の細孔容積は材令35日以後はほとんど変化しない。また、乾燥に伴う細孔の崩壊機構¹⁾によると思われるが、微細な空隙は減少する傾向にあった。

2) 透水試験

図1の結果より、いずれの乾燥方法による含水状態設定法においても、水セメント比の相違を区別することは可能であるが、材令の経過に伴う傾向は明瞭でない。この結果は、必ずしも含水状態設定前の空隙構造の変化を反映したものとは言えず、水の浸透機構が複雑なため浸透深さの判定が難しかったこと、目視判定のため精度の良い値を求めるのが困難であったことなどが原因と考えられ、微妙な相違を検討するためには、本試験法では困難があると思われる。

3) 酸素拡散試験

図2の結果より、いずれの乾燥方法による含水状態設定法においても水セメント比の相違を区別することができるが、材令の経過に伴う拡散係数の傾向は、含水状態設定法で異なるようである。酸素の拡散係数は、半径 $1\mu\text{m}$ 以上の空隙の容積と密接な関係があることが、既往の研究²⁾で指摘されている。そこで、 105°C 炉乾燥および 60°C 炉乾燥による含水状態設定法を施した供試体の拡散係数と、含水状態設定前の半径 $1.35\mu\text{m}$ 以上の開放空隙容積との関係を調べてみた。図3の結果より強制的な乾燥を施した後でも、酸素拡散係数と乾燥前の空隙構造の間には、それぞれ次式で表されるような密接な関係があることが分かった。

$$105^\circ\text{C炉乾燥: } \ln(D_N) = -7.594 + 15.92 V_{1.35} \quad (r=0.904)$$

$$60^\circ\text{C炉乾燥: } \ln(D_N) = -7.813 + 16.43 V_{1.35} \quad (r=0.908)$$

4) 比抵抗試験

図4の結果より、各材令において水セメント比の相違を区別できること、また材令の経過に伴い比抵抗が著しく増加することが分かった。この結果は、3週間の水中浸漬の間に空隙構造が変化したことなども起因していると思われる。

4. まとめ

本実験結果より、酸素拡散試験は供試体の保存環境が同一であれば、材令に関係なく、 105°C 炉乾燥および 60°C 炉乾燥による含水状態設定法を施した供試体で、乾燥前の酸素の拡散性状に関連する緻密性の違いを相対的に評価できると思われる。

最後に、酸素拡散試験に御助言を頂いた出頭圭三氏(前田建設)、浜田秀則氏(運輸省港湾技術研究所)、細孔径分布の測定に御協力頂いた笠井英志氏(三菱マテリアル)、さらに実験に御助力を頂いた田中 拓氏(J R 東日本)、伊藤 隆氏(早稲田大学)、片岡大到氏(佐藤工業)に深く感謝致します。

《参考文献》1) R. G. PATEL, D. C. KILLOH, L. J. PAROTT, W. A. GUTTERIDGE: Influence of curing at different relative humidities upon compound reactions and porosity in Portland cement paste, Materials and Structures, No. 21, 1988, pp. 192~197 2) 小林一輔、出頭圭三: 各種セメント系材料の酸素の拡散性状に関する研究、コンクリート工学、Vol. 24, No. 12, 1986. 12, pp. 91~106

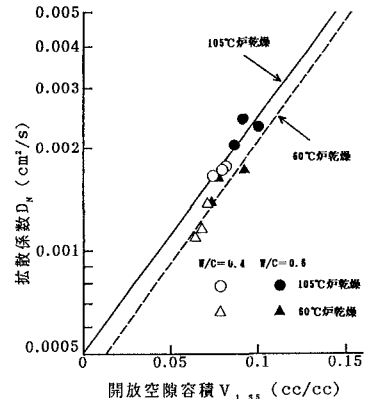


図3 拡散係数と開放空隙容積の関係

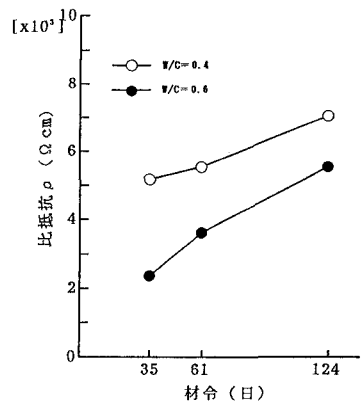


図4 比抵抗測定試験結果