

各種セメント系材料の酸素の拡散性状に関する研究 (IV) ——水セメント比およびスランプの異なるコンクリートの拡散性状——

Study of Oxygen Diffusivity of Cementitious Materials (IV)

——Influence of Water/Cement Ratio and Slump for Diffusivity of Concrete——

小 林 一 輔*・出 頭 圭 三*

Kazusuke KOBAYASHI and Keizoh SHUTTOH

1. ま え が き

コンクリートの耐久性がその配合, 特に水セメント比と密接な相関性があることは広く知られている. 本文は, コンクリートの配合が酸素の拡散係数に与える影響を把握するため, 水セメント比とスランプの異なるコンクリートの拡散係数を既報の方法¹⁾で測定し, コンクリートの拡散性状を比較したものである. 同時に試験体の含水率を変えた場合についても測定を行い, 含水率の影響についても検討を加えた.

2. コンクリートの配合と試験体の作製

2.1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメントを, 骨材は細骨材には大井川産の川砂 (比重 2.64, FM 3.04) を, 粗骨材には秩父両神産の砂岩碎石 (最大寸法 20 mm, 比重 2.71) を用いた.

コンクリートの配合は, 水セメント比を 40, 50, 60, 70% とし, 目標スランプ値を 10 cm, 18 cm とした. 配合を表-1 に示す.

2.2 試験体の作製

コンクリートの練り混ぜは, 練り混ぜ容量 50 l のパン型強制練りミキサーを用いて行い, 練り混ぜ量は 30 l とした. コンクリートは 10×10×40 cm の鋼製型枠に打設し, 翌日脱型した後, 20°C の水中で材令 28 日まで養生した. その後コンクリートカッターを用いて 4 cm 厚に切断し, 含水率を 80, 60, 50, 0% に調整して試験に供した. 含水率の調整方法は前報²⁾に準じた.

3. 測 定 結 果

3.1 水セメント比およびスランプの影響

水セメント比と拡散係数の関係を図-1 に示す. 含水率 0% の状態では, 水セメント比が大きくなるほど拡散係数が大きくなる傾向が明瞭に認められる. また含水率が 50% の状態でも水セメント比が大きくなると拡散係数が

若干大きくなる傾向が見られ, スランプ 18 cm の場合には, 水セメント比 40% のコンクリートの拡散係数が $4.1 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ であるのに対し, 水セメント比 70% のコンクリートの拡散係数は $8.0 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ で約 2 倍となった. しかしスランプ 10 cm の場合や含水率が 60%, 80% と大きくなると, 水セメント比は拡散係数にそれほど大きな影響を与えず, 水セメント比が変化しても $\pm 1 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ の範囲内で変動しているにすぎない. すなわち同じ含水状態では, 水セメント比の影響は比較的小さいものと判断される.

またスランプが大きくなると拡散係数も大きくなっており, この傾向は含水率が小さいほど明確に認められた. すなわち含水率が 60% の場合には, スランプが 18 cm のコンクリートの拡散係数はスランプが 10 cm のコンクリートより $1 \sim 2 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ 大きくなるにすぎない

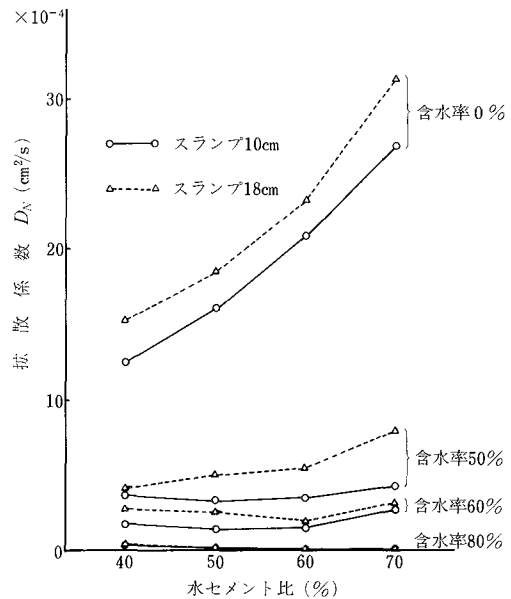


図-1 水セメント比と拡散係数の関係

*東京大学生産技術研究所 第5部

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単 位 量 (kg/m ³)				測定結果	
			セメント	水	細骨材	粗骨材	スランブ(cm)	空気量(%)
スランブ 10 cm	40	44	488	195	755	987	10.0	1.4
	50	46	390	195	827	997	12.0	1.5
	60	48	325	195	889	989	9.5	1.1
	70	50	279	195	946	971	8.5	1.4
スランブ 18 cm	40	44	530	212	720	941	17.0	1.5
	50	46	424	212	793	956	20.5	1.3
	60	48	353	212	855	954	19.0	1.1
	70	50	303	212	913	937	19.5	1.1

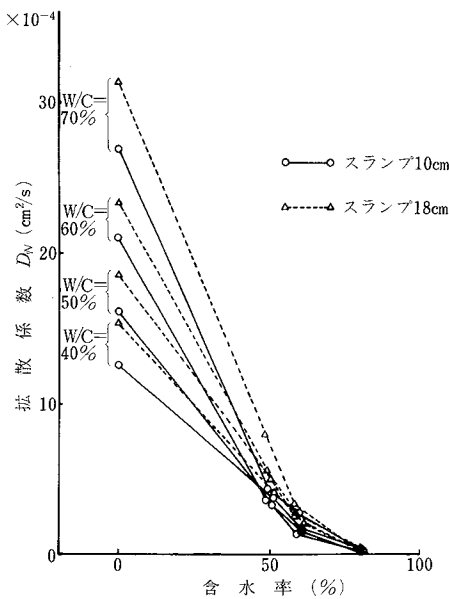


図-2 含水率と拡散係数の関係

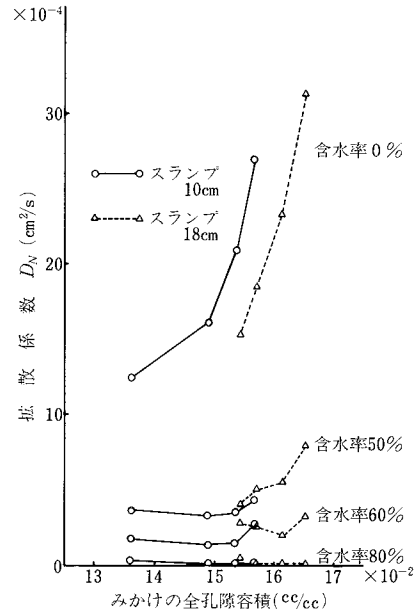


図-3 みかけの全孔隙容積と拡散係数の関係

が、含水率が、50%の場合には $1 \sim 4 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ 、0%の場合には $3 \sim 5 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ 大きくなった。

3.2 含水率の影響

含水率と拡散係数の関係を図-2に示す。モルタルの場合同様²⁾、含水率が小さくなるとともに拡散係数が大きくなる傾向が認められ、含水率が80%ではどの配合でも $1 \sim 2 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ 程度の拡散係数であるのに、含水率が50%では $3 \sim 8 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ と10~60倍大きな値となり、含水率が0%では35~230倍の値を示した。特に水セメント比が大きいコンクリートほど含水率の減少による拡散係数の増加が著しかった。また水セメント比や

スランブの違いは、含水率が80%の状態では拡散係数にほとんど影響せず、含水率が小さくなるほど大きな影響を与えることも明らかに認められた。

筆者らはすでに各種セメント系材料の酸素の拡散係数と孔隙特性の関係について検討し³⁾、孔隙特性の異なる種々のモルタルやコンクリートの拡散係数を評価するには、単純なみかけの全孔隙容積でなく、半径1μm以上の孔隙容積が重要であることを示した。しかし同一の材料を用いたコンクリートであればその孔隙特性に大きな違いはないものと推測され、その場合にはみかけの全孔隙容積で拡散性状を評価することがある程度可能とな

表-2 拡散係数の測定結果

コンクリートの種類	水セメント比 (%)	拡 散 係 数 D_N ($\times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$)				みかけの全孔隙容積 (cc/cc)
		含水率 80%	含水率 60%	含水率 50%	含水率 0%	
スランブ 10 cm	40	0.318 (80.7)	1.768 (60.9)	3.654 (51.4)	12.52	0.136
	50	0.164 (81.6)	1.390 (59.0)	3.244 (50.8)	16.14	0.149
	60	0.132 (79.9)	1.457 (60.7)	3.512 (48.8)	20.98	0.154
	70	0.143 (81.1)	2.740 (59.8)	4.299 (49.3)	26.95	0.157
スランブ 18 cm	40	0.428 (80.1)	2.789 (58.3)	4.066 (51.5)	15.39	0.154
	50	0.155 (81.9)	2.533 (58.1)	5.019 (50.2)	18.58	0.157
	60	0.149 (81.0)	1.996 (61.6)	5.524 (49.0)	23.34	0.161
	70	0.135 (80.1)	3.211 (58.1)	7.979 (48.4)	31.38	0.165

() 内は実測含水率(%)

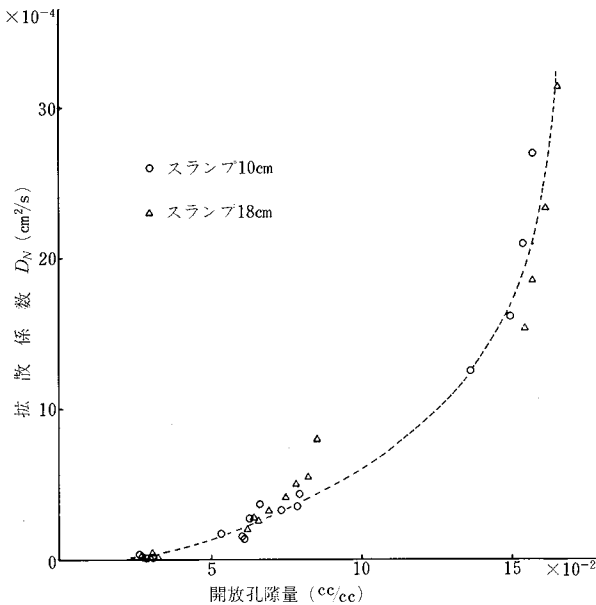


図-4 開放孔隙量と拡散係数の関係

る。図-3は各コンクリートのみかけの全孔隙容積と拡散係数の関係を含水率別に示したものであり、みかけの全孔隙容積の増加とともに拡散係数が大きくなる傾向が認められる。また図-4は含水率の相違を考慮した開放孔隙量と拡散係数を示したものである。水セメント比やスランブの相違と無関係に、両者の間には良い相関性が認められる。すなわち、コンクリートの酸素の拡散性状は、

水で閉塞されていない開放状態の孔隙量と密接な関係があると考えられる。なおここでみかけの全孔隙容積と開放孔隙量は次式により求めた。

みかけの全孔隙容積

$$= \frac{(\text{飽水重量} - \text{乾燥重量}) / \text{水の密度}}{(\text{飽水重量} - \text{水中重量}) / \text{水の密度}}$$

開放孔隙量 = みかけの全孔隙容積 $\times (1 - \text{含水率}/100)$

3.3 乾燥日数の影響

図-5はコンクリートの含水率の経時変化を示したものであるが、水セメント比の小さいコンクリートほど含水率の低下が遅いことがわかる。この結果、同じ含水率で比較した場合には先に述べたように、水セメント比の違いは拡散係数にそれほど影響しないが、同一の乾燥日数で比較すると、水セメント比の違いにより含水率にも差を生じるため、拡散係数も大きく相違することとなる。図-6は乾燥日数が10日および20日の場合の拡散係数を、水セメント比ごとに示したものである。この結果によると、水セメント比が40%と50%ではそれほど大きな差はないが、60%、70%と大きくなるとともに拡散係数も大きくなって、水セメント比70%のコンクリートの拡散係数は水セメント比40%のコンクリートの5倍以上になる。また、スランブの影響も水セメント比が小さいコンクリートではそれほど大きくないが、水セメント比が大きくなるとかなり大きくなった。

4. ま と め

水セメント比とスランブを変えた8種類のコンクリー

研究速報

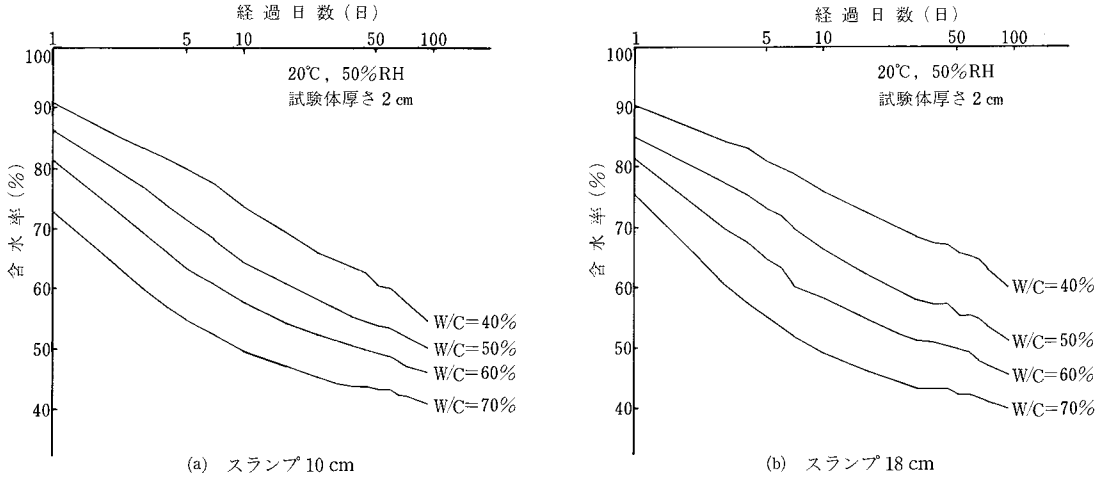


図-5 含水率の経時変化

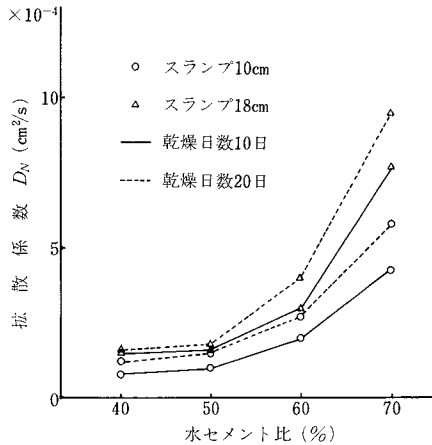


図-6 同一乾燥日数で比較した場合の水セメント比と拡散係数の関係

トの酸素の拡散係数を測定した。その結果モルタルの場合同様、含水率が拡散係数に非常に大きな影響を与えることが確認できた。またコンクリートの含水率の経時変化は水セメント比によりかなり差があり、乾燥速度は水セメント比が小さいほど遅い。そのため同じ乾燥日数で比較した場合には、水セメント比やスランブの違いは拡散係数に大きく影響することが明らかとなった。

(1986年4月17日受理)

参考文献

- 1) 小林一輔, 魚本健人, 出頭圭三: 生産研究, Vol.37, No. 10, 1985年10月, pp. 31~34
- 2) 小林一輔, 出頭圭三: 生産研究, Vol. 38, No. 4, 1986年4月, pp. 30~33
- 3) 小林一輔, 出頭圭三: 生産研究, Vol. 38, No. 2, 1986年1月, pp. 20~23

