

コンクリートの塩素イオン透過性と細孔径分布の関係

金沢大学工学部 正員○ 鳥 居 和 之
金沢大学工学部 正員 川 村 満 紀

1. まえがき フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートにおける塩素イオン透過性の低減については、毛細管空隙が微細で、不連続なものに変化することや粗大な遊離石灰の減少により内部組織が緻密になることなどの理由より説明されている。しかし、これらのコンクリートの塩素イオン透過性について細孔構造との関係より必ずしも明確な結論が得られているわけではない。本研究では、急速塩素イオン透過性試験と水銀圧入式ポロシメータの測定結果に基づいて、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの塩素イオン透過性とコンクリートの内部組織の特徴（全細孔量および細孔径分布）との関係について検討している。

2. 実験概要 (1) 配合および養生方法 コンクリートの配合条件は、単位結合材量（ $C + F.A$ （または $B.S$ ） $= 300 \text{ kg/m}^3$ ）、水・結合材比（ $W / C + F.A$ （または $B.S$ ） $= 55\%$ ）および空気量（ 5% ）を一定とした。また、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末の置換率はそれぞれ 30% および 50% （重量百分率）である。コンクリートの配合およびフライアッシュ、高炉スラグ微粉末の性質を表-1および2に示す。養生方法は、水中養生（略号W、温度 20°C の水中に浸漬）と気中養生（略号A、温度 20°C 、湿度 60% の室内にて乾燥放置）の2種類である。水中養生+気中養生の組み合わせについては、材令7日、28日および90日まで水中養生を行なった後に、所定期間（180日および365日）まで気中養生を行なった。(2) 細孔径分布の測定 コンクリート供試体の中央部より得られたモルタル試料（ $5 \sim 7 \text{ mm}$ 程度の立方体状のもの）を凍結乾燥（温度 -55°C にて48時間乾燥）した後に、水銀圧入式ポロシメータを使用して細孔径分布の測定を行なった。(3) 急速塩素イオン透過性試験¹⁾ 測定用供試体は、直径 10 cm 、高さ 20 cm のコンクリート供試体の中央部より切り出された直径 10 cm 、高さ 5 cm の円盤状のものであり、急速塩素イオン透過性試験（AASHTO T-277）によりコンクリートの塩素イオン透過性（ 60 V の定電圧のもとで6時間にコンクリートを流れる電流量（Coulomb）を測定する）を評価した。

3. 細孔径分布の特徴 材令180日におけるコンクリートの細孔径分布を図-1に示す。普通セメントコンクリートでは、初期水中養生期間が長くなるにつれて全細孔量が減少し、特に細孔径分布において $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の範囲の細孔量が減少する。一方、フライアッシュを使用したコンクリートでは、初期水中養生期間が細孔径分布に及ぼす影響は、普通セメントコンクリートの場合よりも大きく、初期水中養生期間が短いと細孔径分布の細かい径への移行がほとんど見られず、細孔径分布において $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の細孔量が卓越する。また、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートでも、初期水中養生期間が短い場合には $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の細孔が増大しているが、全体として高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートはフライアッシュの場合と比較して全細孔量が小さく、かつ $0.04 \mu\text{m}$ 以下の小さな径のものが多くなっている。いずれのコンクリートも初期水中養生期間が90日になると水中養生のものと比較して細孔径分布において大きな相違が見られなくなる。

4. 塩素イオン透過量と細孔径分布の関係 コンクリートの塩素イオン透過量と全細孔量、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上の細孔量および平均細孔径（細孔径分布曲線の $1/2$ の点の径）の関係を図-2、3および4に示す。塩素イオン透過量と全細孔量の関係について、図-2に示すようにいずれのコンクリートも全細孔量に比例して塩素イオン透過量が増大する傾向が認められる。しかし、フライアッシュを使用したコンクリートでは、両者の関係は普通セメントコンクリートおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートほど良好ではない。また、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上の比較的大きな細孔量に着目すると、図-3に示すように塩素イオン透過量との関係はさらに良好なものとなることが分かる。また、いずれのコンクリートも図-4に示すように塩素イオン透過性と平均細孔径との関係はあまり明確ではない。普通セメントコンクリートとフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートとで比較すると、同一の細孔量における塩素イオン透過量はいずれの場合もフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの方がかなり小さくなっており

、さらにそれらはほぼ同一の直線上に存在するのが認められる。

5. 結 論 初期水中養生期間が短い場合には、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの全細孔量が増加するとともに、細孔径分布において $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の細孔量が多くなる。コンクリートの塩素イオン透過量は全細孔量よりも毛細管空隙に相当するような比較的大きな細孔($0.1 \mu\text{m}$ 以上)の量と密接な関係があることが判明した。

参考文献 1) D. Whiting, Federal Highway Administration FHWA/RD-81/119 (1981).

表-1 各種コンクリートの配合

種 類	W/C+FA (or BS) (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					A E 剤 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	FA(BS)	S	G			
ブレン										
フライアッシュ30%	55	38	165	300		684	1065	0.04	15.0	5.8
スラグ 50%				210	90	674	1046	0.15	15.5	5.7
				150	150	681	1143	0.05	12.5	6.2

表-2 フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末の物理的性質

	フライアッシュ	高炉スラグ粉末
強熱減量 (%)	2.5	0.5
比重	2.28	2.92
ブレン値 (cm ² /g)	3960	3700
88 μm フルイ残分 (%)	1.3	0.8

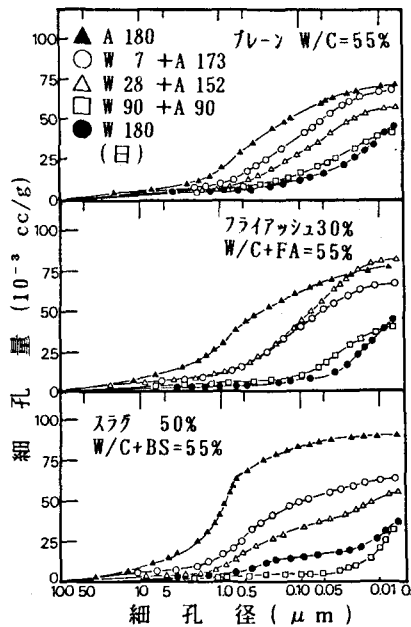


図-1 各種コンクリートの細孔径分布 (180日材令)

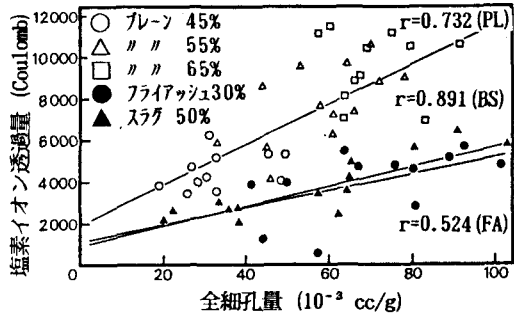


図-2 塩素イオン透過量と全細孔量

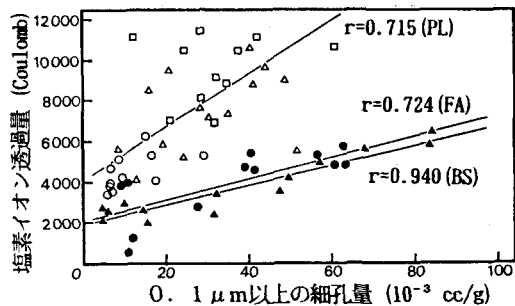


図-3 塩素イオン透過量と $0.1 \mu\text{m}$ 以上の細孔量

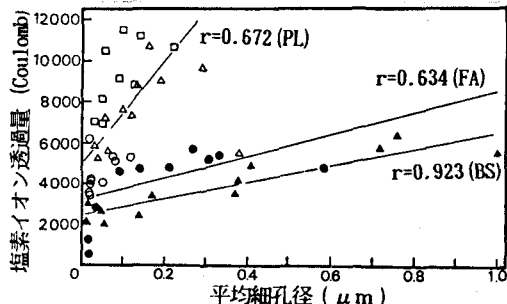


図-4 塩素イオン透過量と平均細孔径