

配合と養生期間の差異が実効拡散係数と気泡間隔係数に及ぼす影響

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○三上拓也 木村壮一郎
 八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬一仁
 八戸工業大学 正会員 迫井裕樹

1. はじめに

塩化物イオンの実効拡散係数は、各種混和材の適用などにより小さくなることが知られている。本研究では、W/B が 45%, 60%, 75%, 空気量が 2.5%, 5.0%, 7.5%の低熱ポルトランドセメント-フライアッシュ系 (LPC-FA 系) コンクリート供試体を、養生期間が 1 ヶ月と 3 ヶ月での実効拡散係数と気泡状態を測定、比較した。実効拡散係数は、電気泳動試験(JSCE-G571)に、気泡間隔係数は、マニュアルリニアトラバース法(ASTM C 457)に準拠した。W/B と空気量の相違や材齢変化により空隙構造が変化し、実効拡散係数と気泡間隔係数に影響を及ぼすことがわかった。

2. 試験概要

2.1 供試体配合

コンクリートの示方配合を表 1 に示す。W/B が 45%, 60%および 75%, 空気量が 2.5%, 5.0%および 7.5%の LPC-FA 系コンクリートの円柱供試体 (φ5cm×20cm) と角柱供試体 (10cm×10cm×40cm) を作製した。

2.2 実効拡散係数

測定は、円柱供試体を厚さ 5cm にカットし、1 ヶ月と 3 ヶ月の養生期間を経た後、電気泳動法により塩化物イオン濃度を測定し、実効拡散係数を求めた。

2.2.1 計算

定常状態における塩化物イオンの流束は式(1)によって、コンクリートの塩化物イオンの実効拡散係数は式(2)によって、それぞれ有効数字 3 けたで算出した。

2.3 気泡間隔係数

測定は、角柱供試体を厚さ 5cm にカットし 1 ヶ月と 3 ヶ月の養生期間を経た後、マニュアルリニアトラバース法により気泡測定を行った。

$$J_{cl} = \frac{V''}{A} \frac{\Delta C''}{\Delta t} \quad (1)$$

J_{cl} : 塩化物イオンの定常状態における流束 (mol/(cm²・年))

V'' : 陽極側の溶液体積 (L), A : 供試体断面積 (cm²)

$\Delta C''$: 陽極側塩化物イオン濃度の増加割合 ((mol/L) /年)

$$De = \frac{J_{cl}RTL}{|Z_{cl}|Fcl(\Delta E - \Delta Ec)} \times 100 \quad (2)$$

De : 実効拡散係数 (cm²/年)

J_{cl} : 塩化物イオンの定常状態における流束 (mol/(cm²・年))

R : 気体定数 (8.31J/(mol・K))

T : 絶対温度測定値 (K)

Z_{cl} : 塩化物イオンの電荷 (= -1)

F : ファラデー定数

C_{cl} : 陰極側の塩化物イオン濃度測定値 (mol/l)

$\Delta E - \Delta Ec$: 供試体表面間の測定電位 (V)

L : 供試体の厚さ (mm)

表 1 コンクリートの示方配合

W/B (%)	G _{max} (mm)	s/a (%)	Slump flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)							
					W	粉体P		S	G	SP	AS	
						結合材B						LS
						LPC	FA					
45	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	160	249	107	178	883	780	0.95	-
				5.0					846	747		0.06
				7.5					811	716		0.15
60	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	156	186	80	265	886	780	0.95	0.005 ※
				5.0								0.06
				7.5								0.03
75	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	155	148	64	318	887	780	0.95	-
				5.0								0.015
				7.5								0.09

LPC: 低熱ポルトランドセメント, FA: フライアッシュ, LEX: 膨張材, LS: 石灰石微粉末, SP: 高性能 AE 減水剤, AS: 空気量調整剤 ※ 消泡剤

キーワード: 実効拡散係数, 気泡間隔係数, 低熱ポルトランドセメント, フライアッシュ

Key words: Effective Diffusion Coefficient, Air-void Spacing Factor, Low Heat Portland cement, Fly-ash

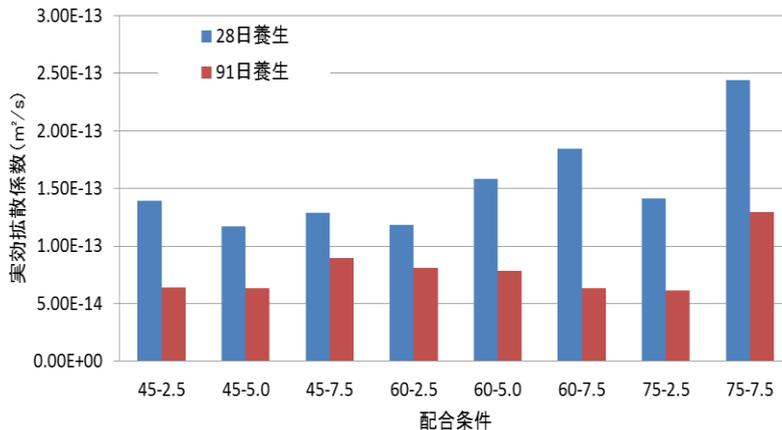


図1 各配合,各材齢における実効拡散係数

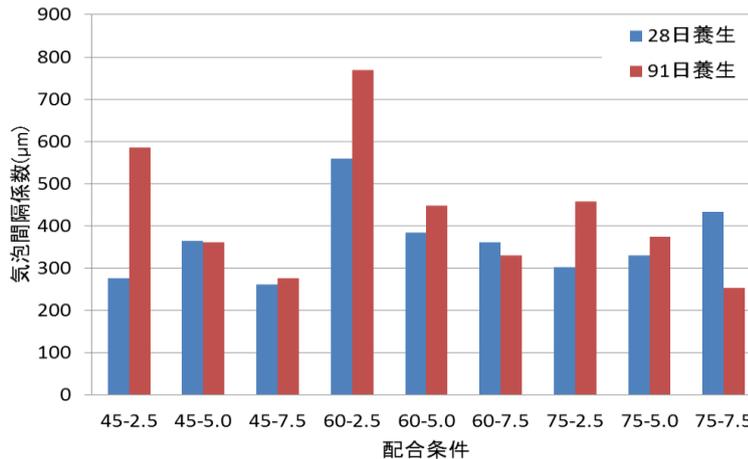


図2 各配合, 各材齢における気泡間隔係数

W/B	空気量(%)	測定空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
45	2.5	1.470	276.977
	5.0	2.024	364.267
	7.5	3.868	261.100
60	2.5	1.395	559.307
	5.0	5.056	384.157
	7.5	5.024	362.028
75	2.5	1.573	301.848
	5.0	2.530	330.484
	7.5	4.361	432.868

W/B	空気量(%)	測定空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
45	2.5	1.51	585.081
	5	2.35	360.818
	7.5	3.941	276.191
60	2.5	1.724	769.428
	5	3.629	448.185
	7.5	4.987	330.748
75	2.5	1.983	457.858
	5	2.688	373.818
	7.5	3.216	253.447

3. 試験結果と考察

各配合,各材齢における実効拡散係数を図1に示す.各条件とも実効拡散係数が,5E-14~2.5E-13m²/sの範囲となり,同様の配合条件である既往の研究^[1]とも整合するものであった.実効拡散係数は,養生期間28日から91日で30%~65%程度小さくなった.28日養生のW/B=45%の供試体においては,空気量が多くなっても実効拡散係数は同程度であった.しかし,W/B=60%および75%の供試体においては,空気量が多くなるにつれて実効拡散係数が大きくなった.

各配合,各材齢における気泡間隔係数を図2,表2および表3に示す.28日養生と91日養生の気泡間隔係数を比較すると,顕著な傾向は見られないが,空気量2.5%の供試体に限って,91日養生後に大きくなっている.空気量2.5%の供試体は,空気量調整剤を入れていない,もしくは消泡剤を入れている.エントレインドエアを多く導入していないので,数十μm程度の細孔径の頻度が少なく,より微小な細孔径の空隙が,水和により気泡測定で測定できる細孔径未満になったことによるものと考えられる.一方,空気量5.0%および7.5%の供試体については,同程度もしくは空気量2.5%とは逆に小さくなっている傾向がある.空気量5.0%および7.5%の供試体は,空気量調整剤を入れており,エントレインドエアが多く導入されている.一般にエントレインドエアの径は,30~250μmであり,空気量7.5%では,このエントレインドエアの頻度が高く,連続していた空隙が不連続になったことにより,気泡間隔係数が小さくなったと考えられる.

4. まとめ

養生期間28日において空気量が多くなるほど,実効拡散係数は大きくなった.また,養生期間91日において空気量が多くなるほど,気泡間隔係数は小さくなった.今後の課題として,材齢による空隙構造変化を踏まえた,実効拡散係数と気泡間隔係数の相関性を明らかにすることが挙げられる.

参考文献

[1]独立行政法人原子力安全基盤機構:フライアッシュ系セメント硬化体の拡散係数の変動要因に係る検討,JNES-RE-2013-1043