

(V-62) HFA 骨材コンクリートの塩分浸透抵抗性

群馬大学工学部 学生会員 高見 満
 群馬大学工学部 正会員 杉山 隆文
 群馬大学大学院 学生会員 井上 大輔
 群馬大学工学部 フェロー 辻 幸和

1. はじめに

近年産出量が増加傾向にある石炭灰の有効利用を目的に、フライアッシュを原料に用いた高強度フライアッシュ人工骨材（以下 HFA 骨材と称す）の開発がなされた。今後 HFA 骨材コンクリートを海洋構造物へ適用するにあたり、その塩分浸透性について十分な検討が必要である。そこで本研究では水セメント比、粗骨材の最大寸法を変化させた HFA 骨材コンクリートについて、電気泳動試験および比抵抗の測定を行い、塩分浸透性を評価した。また、拡散係数および比抵抗の関係も調べた。

2. 実験概要

2.1 供試体

HFA 骨材の物理的性質を表-1 に示し、コンクリートの配合を表-2 に示す。水セメント比は 30,40,50,および 60% の 4 水準であり、それぞれの W/C に対して粗骨材の最大寸法(G_{max})が 15mm、20mm の供試体を作成した。また、比

表-1 骨材の物理的性質

種類	最大寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm^3)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	実積率 (%)
HFA骨材	20	1.81	1.85	2.4	63.0
	15	1.79	1.85	2.6	63.0
NA骨材	15	2.61	2.63	0.6	58.6
陸砂		2.57	2.61	1.6	68.5

表-2 コンクリートの配合

供試体の種類	目標スランブ (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				混和剤(C×%)		圧縮強度 (N/mm^2)
					W	C	S	G	ad ^{*2}	ad ^{*3}	
30-FA-20	50 ^{*1}	4.5	30	42.5	166	553	681	677	1.8		72.4
30-FA-15	50 ^{*1}		30	41.4	172	573	649	653	1.8		70.4
40-FA-20	12		40	37.7	166	415	648	758	0.4		50.4
40-FA-15	12		40	39.6	172	430	669	723	0.4		48.0
50-FA-20	12		50	43.3	156	312	775	746		0.25	41.5
50-FA-15	12		50	44.3	162	324	799	711		0.25	41.9
50-NA-15	12		50	45.5	170	340	804	971		0.25	42.8
60-FA-20	12		60	43.7	156	260	818	746		0.25	35.4
60-FA-15	12		60	45.9	160	267	852	712		0.25	34.0

*1:スランブフロー値 *2:高性能AE減水剤 *3:AE減水剤

における 30 は水セメント比(%), FA は粗骨材の種類 (FA:HFA 骨材, NA:普通骨材), 20 は粗骨材の最大寸法を示しており、他の供試体についても同様である。

2.2 電気泳動試験

図-1 に実験装置の概要を示す。28 日間水中養生した直径 10cm の円柱供試体を、厚さ 5cm に切断し、減圧吸水を実施した後、直ちに試験を行った。陽極側には 0.3mol/l の NaOH 溶液を、陰極側には 0.51mol/l の NaCl 溶液を用いた。

本実験ではコンクリートに印加される電位勾配を 3V/cm に設定して 5cm の供試体に対して 15V の直流定電圧を印加した。電圧を印加すると陰極側にある塩化物イオンが電気勾配を駆動力として、陽極側を目指しコンクリート中を移動し始める。そこで陽極側および陰極側の塩化物イオン濃度を経時的に測定した。水温、電流、電圧、pH、伝導率についても併せて測定した。単位時間あたりに陽極側に移動する塩化物イオン量が一定（定常状態）となったところで実験を終了した。また試験開始前と試験終了後、それぞれの供試体に交流電圧 15V を直接印加した時の電流・電圧を測定して、比抵抗を算出した。

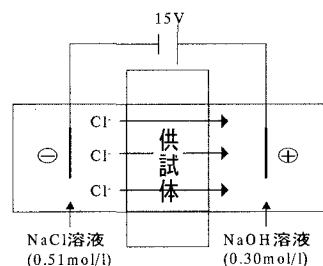


図-1 電気泳動試験装置

キーワード：HFA 骨材、電気泳動試験、塩化物イオン拡散係数、比抵抗

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

3. 実験結果と考察

3.1 電気泳動試験

拡散係数は以下の式-1より算出した。結果を図-2に示す。

$$D_{Cl} = \frac{R \times T}{Z_{Cl} \times F \times \left(\frac{\Delta E - \Delta E_c}{L} \right) \times C_{Cl}} \times J_{Cl} \quad \text{……式-1}$$

D_{Cl} : Cl^- 拡散係数 (cm^2/s), J_{Cl} : 定常状態での Cl^- のフラックス ($mol/(cm^2 \cdot s)$), R : 気体定数 ($8.314 J/mol \cdot K$), T : 絶対温度 (K), Z_{Cl} : Cl^- の電荷数, F : ファラデー定数 ($96500 C/mol$), C_{Cl} : Cl^- 濃度 ($0.51 mol/l$), L : 供試体の厚さ ($5cm$), ΔE_c : 測定電位 (V)

図-2より骨材寸法、種類による差異は小さく、 W/C が増加すると拡散係数が増加する傾向が顕著である。 Cl^- はコンクリート中の細孔組織を移動するので、比較的多孔質な高水セメント比のコンクリートの拡散係数は大きくなった。

$G_{max}=15mm$ について経過日数と電流の関係を図-3に示す。電流は経時的に増加する傾向が見られた。供試体内部にイオンが浸透し、内部の電流伝達物質が増加したため経時的に電気が通りやすくなったと考えられる。しかし、 $W/C=30\%$ については減少する結果となった。

3.2 比抵抗の測定

試験前と試験後の $G_{max}=15mm$ における比抵抗と W/C の関係を図-4に示す。 W/C が増加すると比抵抗は減少しており、比抵抗はコンクリートの緻密性の指標として考えられる。また、 $G_{max}=20mm$ についても同様であった。先に示した $W/C=30\%$ における電流の経時的な減少は、比抵抗が試験前より試験後で高くなったためである。

HFA 骨材コンクリートと普通骨材コンクリートを比較すると同一の W/C であるため比抵抗は同等の傾向を示した。

3.3 比抵抗と拡散係数の関係

比抵抗と拡散係数との関係を図-5に示す。比抵抗の増加は拡散係数の減少につながり、両者の相関が認められる。コンクリートが緻密なほど塩分は浸透しにくいことを示している。定量的な関係を調べるために、コンクリート中で塩化物イオンが電気泳動する場合にその電流伝達率を示す輸率を変化させて、式-2から輸率と拡散係数の関係を求め、それを曲線として同図に示した。試験後の比抵抗と拡散係数の関係を見ても輸率が0.4~0.6の曲線の間に分布しており、比抵抗から拡散係数が計算できる可能性を示している。

$$D_{Cl} = \frac{R \times T \times t_{Cl}}{z_{Cl}^2 \times F^2 \times C_{Cl}} \times \frac{1}{\rho} \quad \text{……式-2}$$

t_{Cl} : Cl^- の輸率
 ρ : 比抵抗 ($\Omega \cdot cm$)

4. まとめ

本研究を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 拡散係数、比抵抗ともに W/C の影響を大きく受け、粗骨材の種類および最大寸法による影響は小さかった。
- (2) 拡散係数と比抵抗は相関性があり、適切な輸率の設定で比抵抗から拡散係数を計算できる可能性がある。

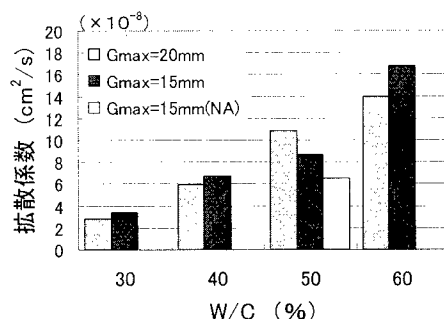


図-2 拡散係数と W/C の関係

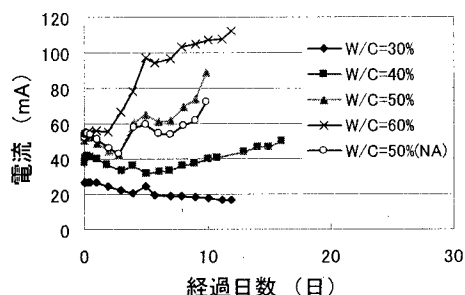


図-3 $G_{max}=15mm$ における電流の経時変化

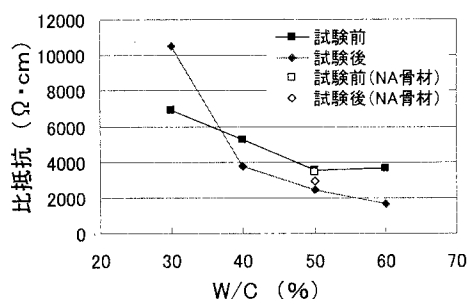


図-4 $G_{max}=15mm$ における比抵抗と W/C の関係

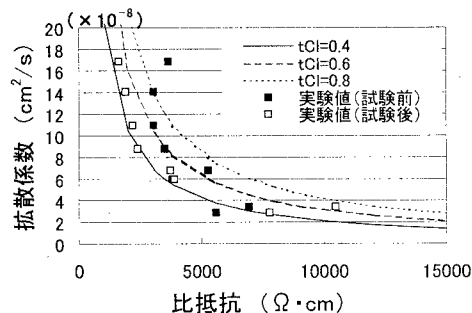


図-5 比抵抗と拡散係数の関係