

フライアッシュ添加による再生骨材コンクリートの塩分浸透抵抗性改善に関する研究

富山県立大学 谷 拓郎（学生会員）伊藤 始（正会員）
中畔 大夢

1. はじめに

近年、全国的にコンクリート構造物の老朽化が進んでおり、今後取り壊しや建替えが増えるの見込まれている。廃棄物と天然骨材の使用量を削減できる骨材リサイクルの方法に再生骨材コンクリートの技術^{1),2)}がある。再生骨材の利用には課題があり、コンクリートの強度や耐久性が一般的なコンクリートに比べて低下することが知られている。

本研究では、耐久性のうち塩分浸透抵抗性に着目し、再生骨材コンクリートにフライアッシュ（以下 FA とも記述する）を組み合わせることで、再生骨材の影響による性能の低下をポズラン反応によるコンクリートの緻密化で補い、実用に近づけることを目標とする。FA を添加したコンクリートと無添加のコンクリートを用いて材齢 28 日、56 日、91 日の 3 回に分けて電気泳動試験を行い、拡散係数を比較した。

また、塩化物イオンの浸透について、液状水の浸透挙動が関係しているとの指摘もある。そのため電気泳動試験に加えて表面吸水試験を行った。

2. 実験概要

(1) 再生骨材の製造

本研究で使用した再生骨材は標準養生を行った材齢 28 日以降のコンクリート角柱をファインジョークラッシャーにより、最大粒径が 25mm 程度になるように破碎し、25mm ふるいを通した全量を試料とした。原コンクリートの配合を表 1 に示す。原コンクリートは粗骨材の最大寸法 25mm、目標スランプ 8.0cm、目標空気量 4.5%とし、材齢 28 日における原コンクリートの圧縮強度は 37.1N/mm²であった。表 2 に製造した再生骨材の密度および吸水率を示す。今回の再生粗骨材の品質は JIS A 5023 の再生骨材 L に該当した。

(2) 供試体の作製および試験ケース

供試体はφ100×200mm の円柱供試体を使用し、標準養生を行った。実験ケースと供試体の配合を表 3 に示す。骨材種類を 2 水準と FA 量を 3 水準に変えた 6 ケースについて各 3 回の試験を実施した。

(3) 塩分浸透試験³⁾

塩分浸透試験として電気泳動試験を行った。試験は、「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）」（JSCE-G571-2007）に従って行い、温度 20±2℃の恒温室内で実施した。ただし、実験装置が限られており、各パラメータにつき 1 体ずつとした。

試験では、陽極側の塩化物イオン濃度の増加が一定になったときの移動流束を測定し、Nernst-Planck の式を適用して実効拡散係数を計算した。さらに実効拡散係数から見かけの拡散係数を求めた。

(4) 表面吸水試験⁴⁾

表面吸水試験の概要を図 1 に示す。試験では円柱供試体を用い、供試体が水中に約 2mm 没するようにした。また、供試体上面はビニールシートで覆い、水はね等による吸水を防いだ。試験時間は 6 時間とし、温度 20±2℃の恒温室内で実施した。吸水量は供試体の吸水前と吸水後の質量を測定することで求めた。

表 1 原コンクリートの配合

W/C	s/a	単位量(kg/m ³)			
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
55	46.7	156	284	867	1002

表 2 再生骨材の密度および吸水率

	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
再生粗骨材	2.45	2.32	5.32

表 3 実験ケースと供試体の配合

実験 ケース	骨材 種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				水 W	セメント C	FA	細骨材 S	粗骨材 G	
N00	普通 骨材	55	41.5	140	284	0	891	1001	
N15			41.5	140	241	43	891	1001	
N25			41.5	140	213	71	891	1001	
L00	再生 骨材		49	138	307	0	904	860	
L15			49	138	261	46	904	860	
L25			49	138	231	77	904	860	

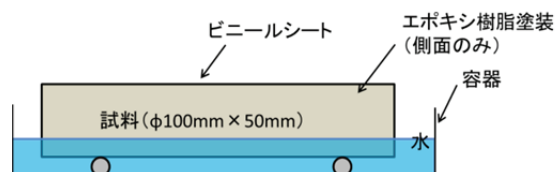


図 1 表面吸水試験状況の模式

3. 実験結果

(1) 塩化物イオンの拡散係数

電気泳動試験より得られた拡散係数と材齢の関係を図 2 に示す。材齢 28 日の再生骨材を使用した L00 は、普通骨材を使用した N00 と比べ拡散係数が小さくなった。材齢 56 日と 91 日の L00 の拡散係数は N00 の値より大きく、塩分浸透抵抗性が小さくなった。この結果は「再生骨材コンクリートの設計施工指針」¹⁾と同様の傾向である。

FA を添加したケースをみると、添加率が 15% の N15 と L15 では無添加のケースに比べ、材齢の経過とともに拡散係数の低下が見られた。これは FA 添加によるポゾラン反応によりコンクリートが緻密化したことによるものだと考えられる。一方、添加率 25% の N25 と L25 では 15% のケースに比べると拡散係数の低下量が小さく、図 3 のように材齢 91 日においても無添加のケースと比べて拡散係数が大きくなった。この結果は FA の使用量が増加すると抵抗性は向上するとする「フライアッシュ設計施工指針」⁵⁾とは異なった。この理由として、材齢 91 日では FA の反応が十分ではないことやフレッシュ性状の影響等が考えられるが明確でないため、今後の研究で検討していく。

(2) 表面吸水試験

材齢 91 日の表面吸水試験の結果を図 4 に示す。古賀ら⁴⁾の数値 (W/C : 50%, 6 時間後吸水量 : 約 0.55mm) と比較すると N00 と L25 の値が大きくなったが、他の 4 ケースでは近い値となった。N00 を除くケースで吸水量と拡散係数との間にある程度の相関が見られ、吸水量を塩分浸透抵抗性の指標とできる可能性が考えられた。

4. まとめ

- ①材齢 56 日と 91 日において再生骨材を使用したケースの拡散係数が普通骨材を使用したケースに比べ、大きくなった。
- ②FA 添加率が 15% のケースでは拡散係数の減少が見られ、塩分浸透抵抗性が改善されたことが確認できた。一方で、25% のケースでは無添加に比べて拡散係数の増加が見られた。
- ③6 時間吸水量と拡散係数である程度の相関関係が確認できた。

謝辞

本研究の一部は科学技術費補助金 (基礎研究 (C) 25420461) により行った。また、(株)あづまコンクリート工業の毛利氏と墨田氏に御協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会:電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針 (案), C.L. 120, 2005
- 2) 佐川ら:再生コンクリートの中性化及び塩分浸透性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 27, 2013
- 3) 土木学会:コンクリート標準示方書 (規準編), 2007
- 4) 古賀ら:表面吸水試験を用いたコンクリート品質評価に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 35, 2013
- 5) 土木学会:循環型社会に適したフライアッシュコンクリートの最新利用技術, C.L. 132, 2009

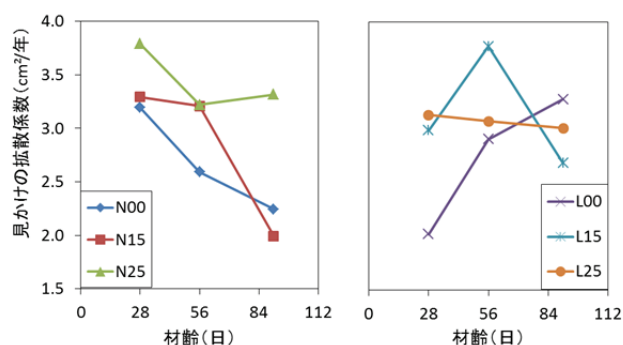


図 2 見かけの拡散係数と材齢の関係

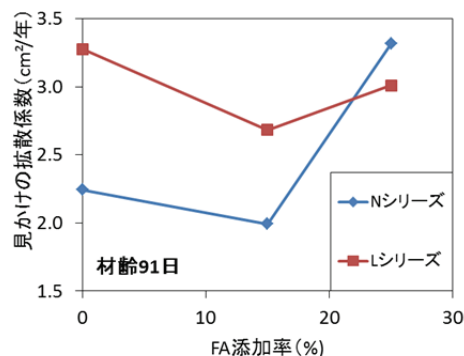


図 3 見かけの拡散係数と FA 添加率の関係

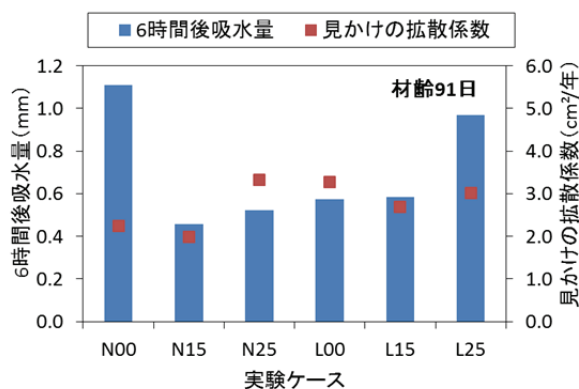


図 4 表面吸水試験吸水量