

フライアッシュを細骨材代替材として混入した 高炉セメントモルタルの中性化性状

九州大学大学院 学生会員 相馬良太 フェロー 松下博通
学生会員 川端雄一郎 学生会員 濱本真吾

1. はじめに

近年、海砂採取規制等の問題から細骨材代替材としてのフライアッシュ(以下 FA)有効利用が注目されており、多くの研究が行われている。また、九州地区においては高炉セメントが代表的なセメントとして使用されているが、高炉セメントに FA を外割置換したコンクリートの耐久性についての検討例は少ない。

そこで、本研究では高炉セメントに FA を外割置換したモルタルの中性化性状について明らかにすることを目的とし、実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料, 配合及び供試体

本研究で用いた使用材料を表-1 に示す。セメントは普通セメントを使用した。高炉スラグ微粉末は高炉スラグ微粉末 4000 を使用し、フライアッシュは JIS の IV 種灰に相当するものを使用した。また、細骨材には海砂を使用した。モルタルの配合を表-2 に示す。耐久性試験の配合は水セメント比を 50% とし、単位水量は基準供試体でフロー値 190 となる単位水量 260kg/m³ で一定とした。BFS はセメントに対して 30, 40, 50, 60% 質量置換し、そのそれぞれの置換率において FA を細骨材に対して 5, 10, 15% 容積置換した。また、Ca(OH)₂ 量測定用の配合は単位細骨材量一定とし、BFS を内割で 30, 50, 70% 置換した。

細孔径分布測定及び Ca(OH)₂ 量測定用に 40×40×160mm 角柱供試体、促進中性化試験用に 100×100×400mm 角柱供試体を使用した。供試体は所定の材齢まで水中養生を行った。

2.2 試験方法

(1)細孔径分布: 促進中性化試験開始時の細孔径分布を水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

(2)モルタル中の Ca(OH)₂ 量測定: 供試体を微粉碎したものを試料とし、熱分析を行った。400~500℃ 付近における脱水量から Ca(OH)₂ 量(以下 CH 量)を算出した。

(3)促進中性化試験: 材齢 35 日において温度 20℃, 相対湿度 60%, CO₂ 濃度 5% の条件下に静置し、所定の材齢に 1% フェノールフタレインエタノール溶液を噴霧し中性化深さを測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 促進中性化試験結果

図-1 に BFS 置換率と中性化速度係数の関係を示す。図より、BFS 置換率の増大とともに中性化速度は増大していることが分かる。これは、単位セメント量の減少によりモルタル内に生成される CH 量が減少するためと考えられる。また、図より FA

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³
高炉スラグ微粉末	高炉スラグ微粉末4000 密度2.91g/cm ³ , 比表面積3850cm ² /g
フライアッシュ	密度2.27g/cm ³ , 比表面積2100cm ² /g Ig.loss 1.0%, SiO ₂ 55.7%
細骨材	海砂,表乾密度2.55g/cm ³ ,吸水率1.92%

表-2 モルタルの配合

記号	置換率(%)		単位量(kg/m ³)				
	BFS	FA	W	C	BFS	FA	S
N		0			-	-	1473
N-5	0	5	260	520	-	65	1399
N-10		10			-	131	1326
N-15		15			-	196	1252
B30					0		
B30-5	30	5	260	364	156	65	1389
B30-10		10				130	1316
B30-15		15				194	1243
B40						0	
B40-5	40	5	260	312	208	65	1386
B40-10		10				129	1313
B40-15		15				194	1240
B50						0	
B50-5	50	5	260	260	260	65	1382
B50-10		10				129	1310
B50-15		15				194	1237
B60						0	
B60-5	60	5	260	208	312	64	1379
B60-10		10				129	1306
B60-15		15				193	1234
N*		0					270
B30*	30	0	267	374	160	-	1431
B50*	50		266	266	266	-	1431
B70*	70		264	158	369	-	1431

* Ca(OH)₂ 量測定用配合

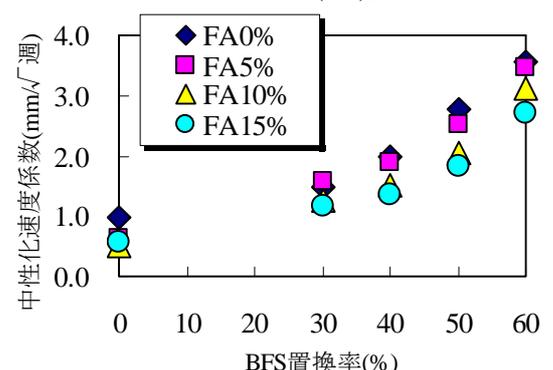


図-1 置換率と中性化速度係数の関係

置換率の増大とともに中性化速度は減少しており、これはポズラン反応による緻密化の影響と考えられる。

3.2 50nm~2μm の細孔容積による評価

図-2に中性化試験開始時における 50nm~2μm の細孔容積と中性化速度の関係を示す。図より、同 BFS 置換率では細孔容積の減少と共に中性化速度も減少しており、良い相関関係が見られる。しかし、同一細孔容積であっても BFS 置換率により中性化速度が異なる。これは CH 量の影響によると考えられ、統一的に評価するためには CH 量の影響を考慮した指標が必要である。

3.3 Ca(OH)₂量による評価

図-3に BFS 置換率と材齢 28 日における CH 量の関係を示す。CH 量の減少は、セメント量減少による低下及び FA のポズラン反応による消費が考えられるが、後者は材齢 28 日における CH 量は FA の混入によらずほとんど差がないとの報告があり¹⁾、本研究では FA を外割で混入した配合についても FA 無混入の配合により求めた CH 量を適用した。図より、BFS 置換率の増大と共に CH 量は減少していることが確認できる。これは、BFS を内割置換することで単位セメント量が減少し、生成される CH 量が減少したためと考えられる。

図-4に CH 量と中性化速度係数の関係を示す。ここで、B40、B60 の CH 量は図-3 の近似式より算出した。図より、CH 量の減少に伴って中性化速度は増加するという相関関係が見られた。また、図-5に細孔容積と CH 量の関係を示すように両者の間には直線関係が得られた。

以上の結果から、本研究では細孔容積(P)を CH 量で除すことにより新しい指標 P/CH を導入し、中性化速度の整理を試みた。図-6に P/CH と中性化速度係数の関係を示す。図より、両者の間には BFS 置換率及び FA 置換率によらず高い相関関係があることが分かる。したがって、FA を外割で混入した高炉セメントモルタルの中性化抵抗性は P/CH によって統一的に評価できる可能性がある。

4. まとめ

- (1) 中性化速度は BFS 置換率が增大すると共に増大するが、FA を混入することで中性化抵抗性は増大する。それは特に BFS 置換率が大きい範囲で顕著であった。
- (2) 促進中性化試験開始時における 50nm~2μm の細孔容積から Ca(OH)₂量を除した値 P/CH という指標を導入することにより、フライアッシュを外割混入した高炉セメントモルタルの中性化抵抗性を統一的に評価できる可能性がある。

参考文献：1)濱本真吾ほか：フライアッシュを外割混入したモルタルの強度および中性化性状に関する検討，第 61 回年次学術講演会講演概要集，V-321，pp639-640，2006.9

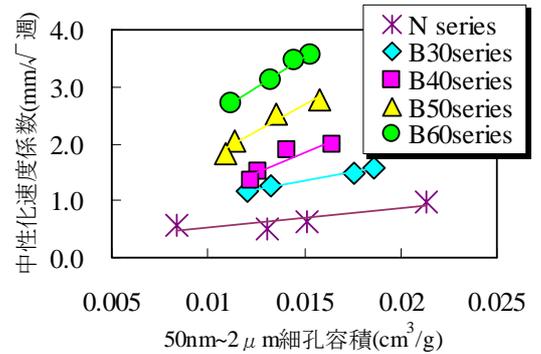


図-2 細孔容積と中性化速度係数の関係

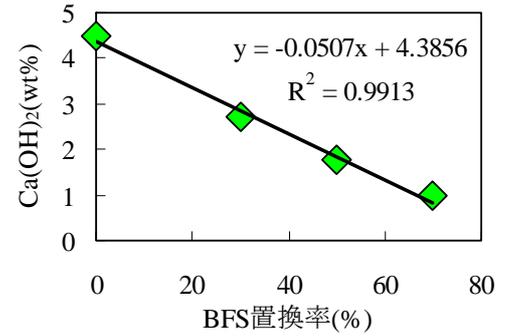


図-3 BFS 置換率と CH 量の関係

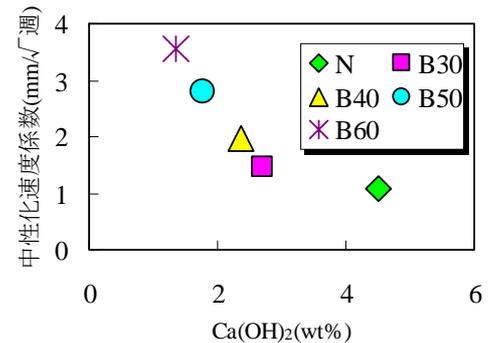


図-4 CH 量と中性化速度係数の関係

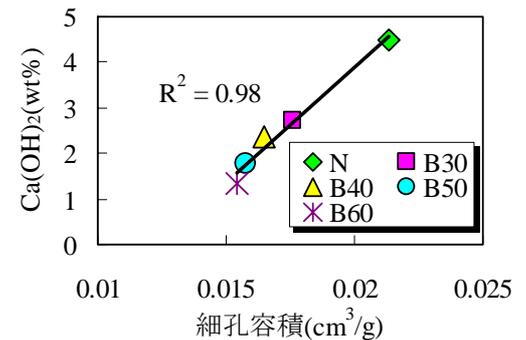


図-5 細孔容積と CH 量の関係

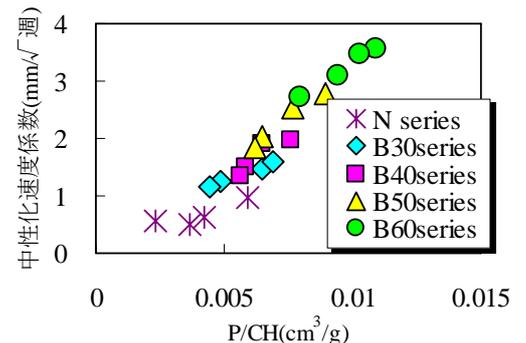


図-6 P/CH と中性化速度係数の関係