

## 各種混和材の含有量を調節した三成分系セメントの耐久性に関する研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○村上 拓  
 芝浦工業大学 学生会員 高橋 佑輔  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

### 1.背景および目的

二酸化炭素削減による環境負荷低減の観点から高炉セメント B 種（以降 BB）の使用実績は多い。また、研究に関しても盛んに行われており、高い塩分遮蔽性や化学抵抗性が得られることが知られている。しかし、乾燥収縮や温度の影響に起因するひび割れの発生等により利用範囲が限られてしまうため、ここ数年の BB の生産量は頭打ちとなっており、今後の BB の利用拡大は見込めない状況である。一方、高炉セメント A 種（以下 BA）は普通ポルトランドセメント（以下 OPC）と同等に使用可能であるとされているが、使用実績や研究実績が少ないのが現状である。そこで更なる環境負荷低減を目指し、BA 程度の高炉スラグ低含有セメントに対し石灰石微粉末やフライアッシュといった混和材を添加し、各種混和材の有する特徴を生かした三成分系のセメントが開発されれば、幅広く利用されることが考えられる。

本研究では、各種混和材の混合割合を調節した三成分系セメントの物理的特性の把握および物理特性が得られた原因を水と解析等により追及することを目的とした。本稿では塩化物浸透深さおよび中性化深さと各種混和材の含有量についての関係を報告する。

### 2.実験概要

試験体は JIS R 5201 に基づきモルタルを作製した。本研究で使用したセメントの配合を表-1 に示す。OPC は 5%以下の増量材の混入されていない研究用普通ポルトランドセメントを用いた。また、混和材として高い塩分遮蔽効果を有するフライアッシュ（以下 FA）およびセメント鉱物や高炉スラグ微粉末（以下 BFS）の反応を促進する効果のあるとされる石灰石微粉末（以下 LSP）を使用した。塩分浸透深さは試験体を打設後 1 日で脱型し、7 日間封緘養生を施し、濃度 3%の塩水に浸漬させた。また、中性化深さは打設後 1 日で脱型

し、7 日間封緘養生を施し、その後、恒温恒湿室（温度 20℃，相対湿度 60%）に 7 日間静置した。その後二酸化炭素濃度 5%，温度 20℃，相対湿度 60%の環境に試験体を曝した。劣化環境に曝露する際には、試験体の打設面と底面を含む 5 側面をシールした。所定の劣化期間（2，4，8 週）に到達後、試験体を割裂し割裂面に対して、塩分浸透深さは硝酸銀溶液、中性化深さはフェノールフタレイン溶液を噴霧した。劣化因子の浸透深さの測定は JIS A 1152 に基づき測定を行った。

### 3.実験結果

各劣化期間における塩分浸透深さを図-1 に示す。FA 含有時の塩分浸透深さは N と比較すると各配合でいずれの材齢においても抑制されている。さらに、劣化期間 8 週に着目すると、BFS 一定の配合において FA の添加率に関わらず塩分浸透深さに大きな差は見られない。一方、OPC 一定の場合 FA の含有量が多くなるにつれて、塩分浸透深さが大きくなる傾向にある。また、LSP 含有時の塩分浸透深さについても FA 含有時と同様の傾向を示した。以上のことから、BFS の含有率が塩分遮蔽効果に大きく影響することが考えられるため、

表-1 セメントの配合

	記号	Weight% of cement			
		OPC	BFS	FA	LSP
ベース	OPC	N	100		
	BA	B30	70	30	
	BB	B45	55	45	
FA添加	BFS一定	B30-F3.5	66.5	30	3.5
		B30-F7	63	30	7
		B30-F14	56	30	14
	OPC一定	B25-F5	70	25	5
		B20-F10	70	20	10
		B10-F20	70	10	20
LSP添加	BFS一定	B30-L3.5	66.5	30	3.5
		B30-L7	63	30	7
		B30-L14	56	30	14
	OPC一定	B25-L5	70	25	5
		B20-L10	70	20	10
		B10-L20	70	10	20

キーワード 高炉スラグ微粉末，フライアッシュ，石灰石微粉末，塩分浸透，中性化

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 Tel03-5859-8356 E-mail : m510093@shibaura-it.ac.jp

全配合における塩分浸透深さと BFS の含有率の関係を 図-2 に示し整理を行う. 図-2 より BFS の含有率が大きくなる程, 塩分浸透深さは小さくなる傾向にあり, その相関も確認された. 粉体中に BFS を添加した場合, BFS の含有率が大きいほど固定塩化物イオンが増加することが報告されており<sup>1)</sup>, 塩化物イオンが水和生成物中に取り込まれることで塩分浸透深さに大きな影響を与えたのではないかと考えられる.

各劣化期間における中性化深さを 図-3 に示す. FA を含有した配合において, 劣化期間 8 週における中性化深さは BFS 一定の際には, FA の含有量が多いほど中性化深さが大きくなる結果となった. また, OPC 一定の配合においては明確な関係は認められなかった. 一方, LSP を含有した配合においては BFS 一定, OPC 一定のいずれの配合においても LSP の含有率が増加するほど中性化深さが大きくなる結果となった. 一般的に促進中性化環境では BFS 量の増加に伴い中性化深さは大きくなる傾向を示し, 本研究のベース配合でも同様な結果が確認された. しかし, OPC 一定の配合において BFS 量が減少しているのに関わらず, 中性化深さが大きくなっていることから, OPC, BFS, LSP の三成分の粉体に関しては, 中性化深さが LSP の添加率に依存することが把握された. そこで LSP 含有量と劣化期間 8 週における中性化深さの関係について 図-4 に示す. LSP の含有率が大きくなるほど, 中性化深さは大きくなり, その関係には高い相関が確認された.

4.まとめ

- (1)本研究の範囲内では塩分浸透深さについては FA や LSP を含有した三成分系セメントの BFS の塩分遮蔽効果が大きく, BFS の含有率が高い程, 塩分浸透深さが小さくなる.
- (2)中性化深さについては, OPC, BFS, LSP を用いたセメントにおいて, LSP の含有率が高い程, 中性化深さが大きくなる.

謝辞: 本研究の一部は文部科学省科学研究費(基盤 B, 代表, 魚本健人) 課題番号 22360174 により実施した.

参考文献

- 1)松崎晋一郎, 伊代田岳史: 高炉スラグ微粉末の置換率および水結合材比が塩化物イオンの拡散性状に与える影響, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, p431-432

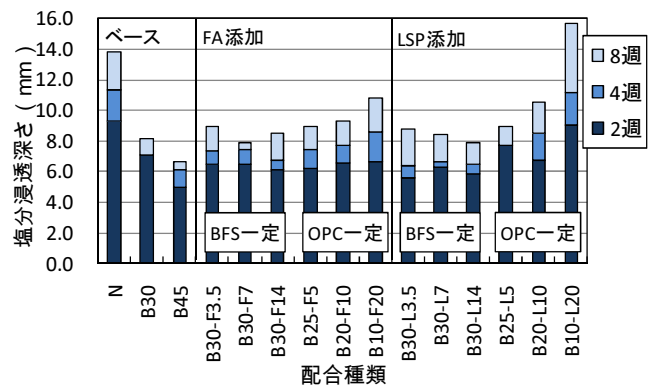


図-1 各劣化期間の塩分浸透深さ

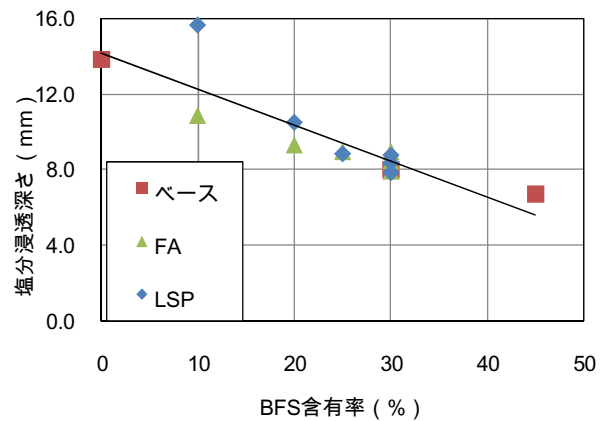


図-2 BFS 含有率と塩分浸透深さの関係

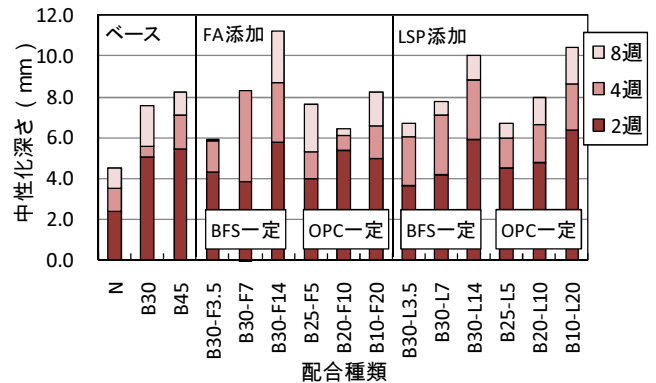


図-3 各劣化期間の塩分浸透深さ

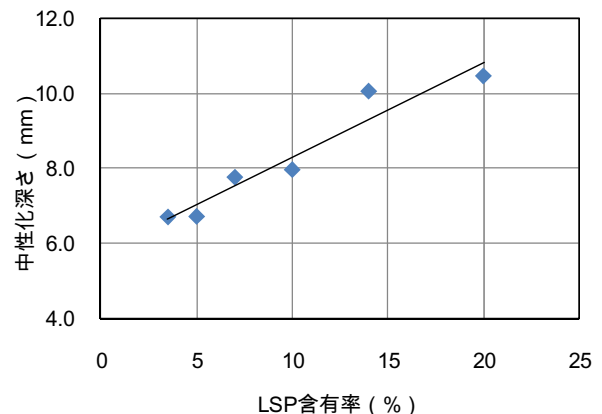


図-4 LSP の含有率と中性化深さの関係