

高炉スラグ微粉末高置時における三成分系セメントの乾燥収縮に関する検討

芝浦工業大学 工学部 土木工学科

○水野博貴

伊代田岳史

1. 研究背景および目的

近年、地球温暖化対策の観点から、二酸化炭素の削減が全産業において求められている。特にセメント産業においては、クリンカの燃成によって排出される二酸化炭素の削減を図るために混合セメントの利用が注目されている。

我が国で最も多く利用されている混合セメントとして高炉セメントが挙げられる。高炉セメントは塩分遮蔽性の向上や、ASRの抑制、長期強度の増進などの利点を有する。また、他の混合セメントと比較して混和材料の置換率を大きく設定できるため、大幅な二酸化炭素の削減が期待できる。一方で中性化抵抗性の低下や初期強度の低下、乾燥収縮が大きいことなどが懸念事項として挙げられる。特に乾燥収縮ひび割れは鉄筋コンクリート構造物の耐久性低下の要因となる。今後、高炉スラグ微粉末が高置換されたセメントを利用していくためには乾燥収縮の低減対策が必要となる。既往の研究¹⁾よりフライアッシュは乾燥収縮を低減することが報告されており、高炉スラグ微粉末が高置換されたセメントにおいても収縮量の低減が期待できる。

そこで本研究では乾燥収縮の低減対策として高炉セメントにフライアッシュを混和した三成分系セメントに着目した。混和材料の置換率を変動させたモルタルを作製し、乾燥収縮、質量変化および空隙構造を計測し、高炉スラグ微粉末が高置換されたセメントにおけるフライアッシュが乾燥収縮に与える影響を把握することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 配合

結合材割合を表-1に示す。配合条件は水結合材比(W/B=50%)、単位水量、細骨材量を一定とした。セメントは普通ポルトランドセメント(N)を使用し、結合材として高炉スラグ微粉末(BFS)、フライアッシュ(FA)を用いて置換率を変化させたモルタルを作製した。

混和材料の置換率はBFSが置換されたモルタルの乾燥収縮量および質量変化を確認するため、高炉スラグ微粉末を50%、60%、70%置換したものを作製した。

表-1 結合材割合(質量割合)

記号	結合材割合(%)		
	OPC(%)	BFS(%)	FA(%)
N100	100	0	0
N50B50	50	50	0
N40B60	40	60	0
N30B70	30	70	0
N35B50F15	35	50	15
N25B50F25	25	50	25
N15B70F15	15	70	15
N5B70F25	5	70	25

また、FAの乾燥収縮低減効果を確認するため、N50B50、N30B70にOPCに対してFAを15%、25%置換したものを作製した。

2.2 乾燥収縮試験・質量計測

モルタル供試体は、試験体の両端部にゲージプラグを埋設し、温度20°Cで封緘養生を7日間行った後、恒温恒湿室(相対湿度60±5%、温度20°C)にて静置した。実験方法は所定の期間においてJIS A 1129-3に準拠し測定を実施した。また、乾燥収縮は水の逸散によって起こるため、乾燥収縮の測定と同時に質量計測も行った。

2.3 細孔構造

乾燥収縮は細孔構造と密接な関係があるため、水銀圧入式ポロシメーターで細孔の計測を実施した。

3. 試験結果

3.1 乾燥収縮・質量変化率

乾燥材齢28日における乾燥収縮と質量変化の結果について検討する。N100、N50B50、N40B60、N30B70の乾燥収縮と質量変化の結果を図-1に示す。質量変化はいずれの配合においても約2.5%と同程度の値となった。収縮量はN100とN50B50が同程度となった。またNとBFSの2成分系においてBFSの置換率に伴い収縮量は大きくなり、特にN30B70の収縮量が大きくなる結果となった。

NとBFSの2成分系の配合において乾燥収縮が最も小さかったN50B50と最も大きかったN30B70にFAを置換した結果を図-2、図-3に示す。N50B50にFAを置換したところ質量変化、乾燥収縮ともに同程度の結果となった。

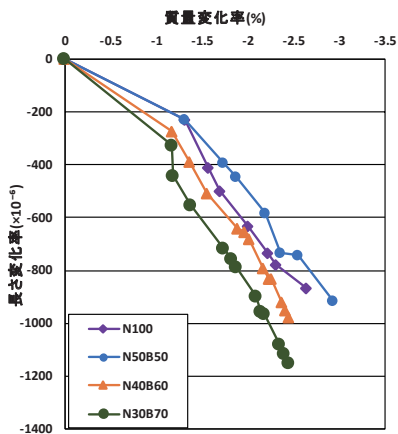


図-1 乾燥収縮—質量変化率(2成分)

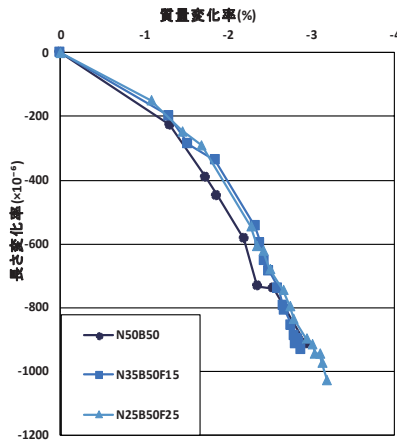


図-2 乾燥収縮—質量変化(BFS50%)

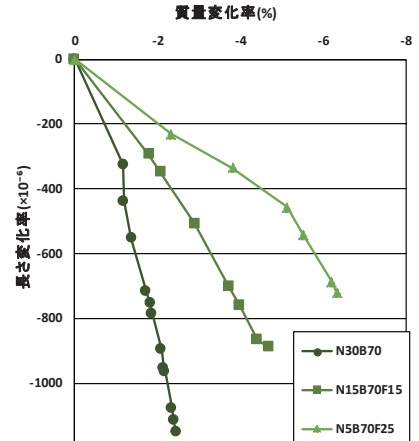


図-3 乾燥収縮—質量変化(BFS70%)

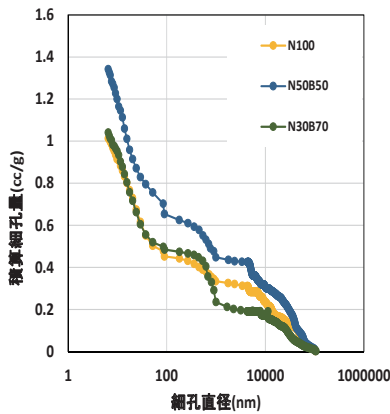


図-4 積算細孔容量(N-BFS)

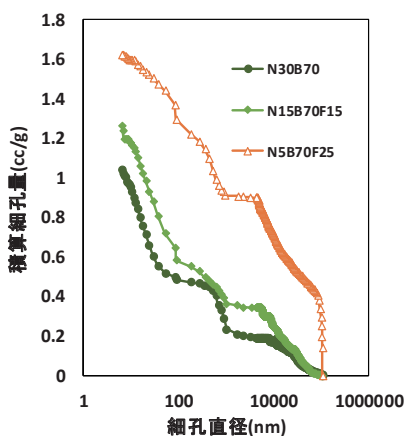


図-5 積算細孔容量(BFS50%)

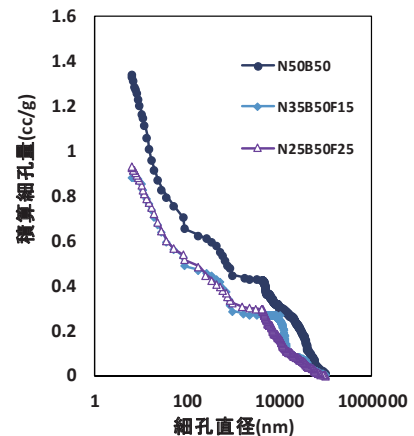


図-6 積算細孔容量(BFS70%)

一方でN30B70にFAを置換したところ、FAの置換率により乾燥収縮が低減し、質量変化は置換率に伴い大きくなった。

3. 2 細孔構造

BFSが50%添加されている積算細孔容積を図-5に示す。N50B50にFAを置換したところ、総細孔量が減少するような結果となった。

BFSが70%添加されている積算細孔容積を図-6に示す。N30B70にFAを置換したところ、FAの置換率に伴い細孔量が大きくなる結果となった。特に乾燥収縮が低減し質量変化が小さかったN5B70F25においては粗大な空隙の増加も顕著となった。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) NとBFSの乾燥収縮はBFSの置換率が高くなるほど大きくなる結果となった。
- (2) BFSが50%添加したものにおいて、NにFAを置換した配合のモルタルでは乾燥収縮量が同程度

となった。また質量減少量も同程度の結果となった。一方でBFSが70%添加としたものにFAを置換したところ乾燥収縮の改善が見られたが、質量変化率は大きくなった。

- (3) BFSが50%添加したものにおいて、FAを置換したところ、細孔量が減少し緻密な空隙が増える結果となった。一方でBFSが70%含有している配合においてFAを置換したところ、置換率に伴い総細孔容量が増加した。
- (4) N5B70F25において質量変化量と総細孔容量が増加し、乾燥収縮が減少した結果より粗大な空隙から水が逸散することは乾燥収縮に与える影響は小さいことが考えられる。

【参考文献】

- 1) 江口康平ほか：高炉スラグ微粉末とフライアッシュを併用した三成分系コンクリートの収縮特性および耐久性に関する実験的検討、土木学会第66回年次学術講演会、V262 (2011)