

ボールミル混合法による種々の混和材の高活性化における最適ボール配合に関する研究

日本大学大学院生産工学研究科 学生会員 ○福永 晃久, 青木 康平
 日本大学生産工学部 正会員 鶴澤 正美
 日本ヒューム(株)技術開発センター 正会員 畑 実

1. 目的

本研究チームは混和材としての活用が有効であるフライアッシュ(以下 FA)を、より高付加価値なセメント混和材化する手法を検討している。これまでの成果として、飽和水酸化カルシウム溶液を用いた攪拌羽による FA の高活性化処理方法に関する研究を行ってきたが、新たにセラミックス球によるボールミル混合方法を見出した。これは、モルタル混練前の FA の前処理として、セラミックス球で FA に衝撃エネルギーを加えることにより、FA の粉碎時に生じたガラス質面に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が反応することで強度発現性が向上するとの仮説がもとである。本研究ではこのボールミル混合方法を用いた高活性化処理におけるセラミックス球の最適配合について検討を行った。また、FA と同様に使用用途の拡大が望まれている下水汚泥焼却灰(以下 SA)も同条件で混合し、FA 以外の混和材の高活性化処理が可能か検討を行った。

2. 方法

本研究では普通ポルトランドセメントの質量 25% を FA および SA に重量置換したモルタルの圧縮強度を測定した。使用材料は水道水(W)・普通ポルトランドセメント(C)・FA・SA・飽和水酸化カルシウム溶液・JIS 標準砂(S)とした。ボールミル混合方法では広口試薬瓶内に混和材・飽和水酸化カルシウム溶液・水・砂・セラミックス球を入れ、ポットミル回転台を使用し混合を行った。ボールミル混合時のボール以外の配合はこれまでの研究で得られた最適条件とした。表-1 にボールミル混合の配合、表-2 に混和材添加モルタルの配合を示す。セラミックス球の材質は耐摩耗性が高く、試薬瓶内で十分運動可能なものとして、 Al_2O_3 ボール(密度 $3.61\text{g}/\text{cm}^3$)および ZrO_2 ボール(密度 $6.00\text{g}/\text{cm}^3$)を使用した。表-3 にボールミル混合におけるボール配合を示す。供試体は $4\times 4\times 16\text{cm}$ の角柱型とし、脱型後は 28 日間水中養生した。圧縮強度試験は JIS R 5201 附属書 C に準

表-1 ボールミル混合の配合

Admixture	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	W	S	回転数	時間
g	ml	ml	g	rpm	min
112.50	56.25	70.00	50.00	30	60

表-2 混和材添加モルタルの配合

Admixture/ (C+Admixture)[%]	[g]			
	W+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$	C	Admixture	S
25	225.0	337.5	112.5	1350.0

表-3 ボールミル混合時のボール配合

Ball material	No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Al_2O_3	15mm				10	10		20	
	13mm				5				
	10mm		1			5			
	8mm			1					
	6mm		7	6					
ZrO_2	20mm	1	1	3					
	15mm	1	4				10		20
	10mm	9	2	2			5		
	8mm	1							
	6mm	1							
	5mm	2		3					

拠し行った。なお供試体は 6 本ずつ測定を行い、その平均を測定値とした。

3. 結果

FA 添加モルタルの圧縮強度試験データから未混合のものを基準とし、各ボール配合の活性度指数を算出した。図-1 に FA の活性度指数を示す。供試体番号は未混合のものを①、混合を行ったものを表-3 のボール配合の通りに②-⑧とした。図-1 および表-3 より、すべてのボール配合で活性化が認められた。中でも④の Al_2O_3 ボール 15mm10 個と 13mm5 個の配合が最も活性化し、活

キーワード フライアッシュ, 下水汚泥焼却灰, セメント, ボールミル, 活性度指数

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1 丁目 2-1 日本大学大学院生産工学研究科 TEL047-474-2201

性度指数は118%であった。

図-1 および表-3 より FA のボールミル混合時に使用したボール材質が Al_2O_3 単種構成, ZrO_2 単種構成, 混合構成すべてで活性化が認められた。つまり, FA のボールミル混合では, ボール材質の影響は僅かであり様々なセラミックス球で活性化可能であるといえる。

図-1 および表-3 より混合時のボール径が単一の構成より複数の構成で活性化が確認された。また, 同径のボールが複数の構成で活性化が認められた。つまり, ボール径が二種以上且つ同径のボールを複数個の構成が適しているといえる。

以上のことから, FA のボールミル混合による活性化では, ボールの材質によらず, ボール径が二種以上且つ, 同径のボール複数個の配合が適しており, 現状の最適ボール配合は④の Al_2O_3 ボール 15mm10 個と 13mm5 個の配合で, 18%の活性化が可能である。

SA 添加モルタルの圧縮強度試験データから未混合のものを基準とし, 各ボール配合の活性化指数を算出した。図-2 に SA の活性化指数を示す。供試体番号は未混合のものを①, 混合を行ったものを表-3 のボール配合の通りに②-⑧とした。図-2 および表-3 の結果より⑥の ZrO_2 ボール 15mm10 個と 10mm5 個の構成が最も活性化し, 活性化指数は105%であった。また, 多くのボール配合で活性化指数が低下し, 活性化したものも FA と比して活性化の程度が僅かであった。

図-2 および表-3 の結果より SA のボールミル混合時に使用したボール材質が ZrO_2 の単一構成が最も活性化した。また, Al_2O_3 の単一構成では活性化が認められなかった。つまり, SA のボールミル混合による活性化では, ボール材質は ZrO_2 が適しているといえる。

図-2 および表-3 の結果より, SA の混合時のボール径が単一の構成より複数の構成で活性化が認められた。また, ボール径が四種以上の構成は二種の構成と比して活性化が認められなかった。つまり, ボールの径を分散させ各径のボール数が少量となる配合よりボールの径をある程度集中し, 各径のボール数を多くした配合が活性化しやすいといえる。つまり, SA のボールミル混合による活性化では, 二種の径のボールを複数個混合する配合が適しているといえる。

以上のことから, SA のボールミル混合による活性化では, ボール材質はジルコニア, ボール径が二種且つ,

同径のボール複数個の配合が適しており, 現状の最適ボール配合は⑥の ZrO_2 ボール 15mm10 個と 10mm5 個の配合で, 5%の活性化が可能である。

これらの結果より, ボールミル混合方法による高活性化処理は FA 以外の混和材にも有効であるが, 混和材の種類ごとに活性化の程度に差異が生じるため, 処理条件の最適化を行う必要がある。

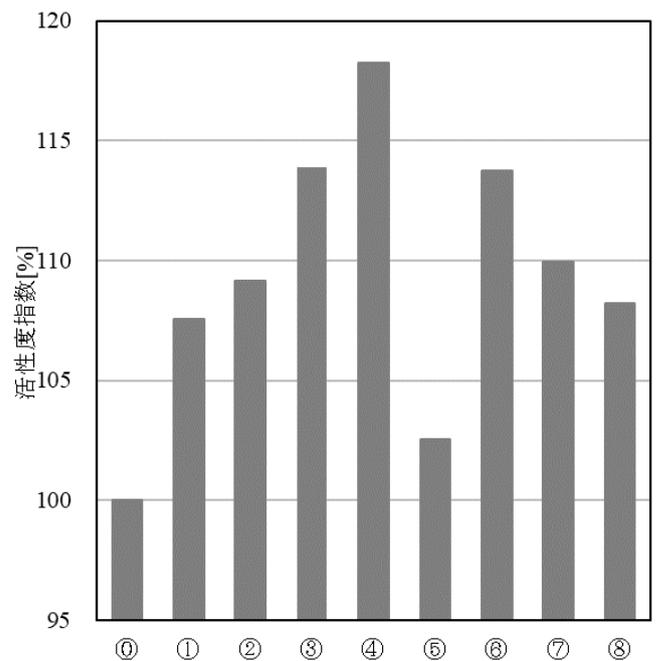


図-1 FA 添加モルタルの活性化指数

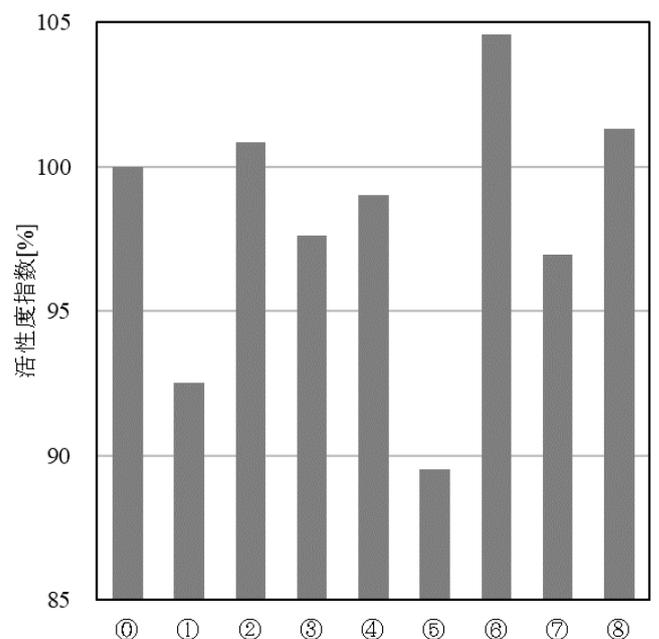


図-2 SA 添加モルタルの活性化指数