

ボールミル混合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

日大生産工 (院) ○福永 晃久, 青木 康平
日大生産工 鶴澤 正美

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Ca(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各種混和材の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以外の混和材で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JIS A 6201に準拠し普通ポルトランドセメントの質量25%をFAに置換したモルタルの圧縮強度を測定した。また、比較のためにSAも同様に置換し圧縮強度を測定した。使用材料は上水道水(W)・普通ポルトランドセメント(C:密度3.16g・cm⁻³)・FA II種(密度2.23g・cm⁻³)・SA(密度2.60g・cm⁻³)・飽和水酸化カルシウム溶液(関東化学 特級を溶解)・標準砂(S:セメント協会強さ試験用)とした。ボールミル混合の手順は、広口試薬瓶(外径73mm, 長さ168mm, 内容量500ml, 低密度ポリエチレン製)に各種混和材・飽和水酸化カルシウム溶液・水・砂・セラミックス球を加え、2段式ボールミル回転架台を使用し混合を行った。ボール配合以外のボールミル混合条件はこれまでの研究で得られたFAの最適条件とした。表-1にボールミル混合条件、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、Al₂O₃ボール(密度3.61g/cm³)およびZrO₂ボール(密度6.00g/cm³)を使用した。表-3にボールミル混合時のボール配合を示す。供試体の作成

表-1 ボールミル混合条件

Admixture	Ca(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 モルタルの配合

Admixture/ (C+Admixture)[%]	kg・m ⁻³			
	W+Ca(OH) ₂	C	Admixture	S
0	225	450.0	0	1350
25	225	337.5	112.5	1350

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 ₂ O ₃	15mm				10	10		20	
	13mm				5				
	10mm		1			5			
	8mm			1					
	6mm		7	6					
ZrO ₂	20mm	1	1	3					20
	15mm	1	4				10		
	10mm	9	2	2			5		
	8mm	1							
	6mm	1							
	5mm	2		3					

はJIS R 5201を参考にして行った。練り混ぜはJISモルタルミキサー、型枠は40×40×160mmの角柱型とし、供試体の成型後、20℃の恒温室で24時間の前置き養生を行った。その後、脱型を行い、28日間20℃で水中養生した。圧縮強度試験はJIS R 5201に準拠し行った。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

図-1にFA添加モルタルの圧縮強度を示す。供試体番号はセメントのみのJISモルタルをJIS、未処理のFA添加モルタルを①、ボールミル混

Study on the Optimum Ball Composition for Various Admixtures Activation
by the Ball Mill Mixing Method

Akihisa FUKUNAGA, Kouhei AOKI and Masami UZAWA

合を行った活性化FA添加モルタルを表-3のボール配合の通りに①-⑧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FA添加モルタルは未処理のFA添加モルタルと比して圧縮強度が増進した。中でも④の Al_2O_3 ボール15mm10個と13mm5個のボール配合が最も活性化し、強度増進率は18.3%であった。

図-1および表-3よりFAのボールミル混合時のボール配合において、ボール材質が Al_2O_3 単種構成、 ZrO_2 単種構成、混合構成の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。

また、混合時のボール径が単一の構成より複数且つ同径のボールが複数個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、18.3%の活性化が可能である。

図-2にSA添加モルタルの圧縮強度を示す。供試体番号はセメントのみのJISモルタルをJIS、未処理のFA添加モルタルを①、ボールミル混合を行った活性化FA添加モルタルを表-3のボール配合の通りに①-⑧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個のボール配合が最も活性化し、強度増進率は4.6%であった。また、FAとは異なり、多くのボール配合で圧縮強度が低下し、活性化したのも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よりSAのボールミル混合時のボール配合において、ボール材質が ZrO_2 の単一構成が最も活性化した。しかし、 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のボールミル混合では、ボール材質は ZrO_2 が適しているといえる。

また、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 ZrO_2 、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、4.6%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。

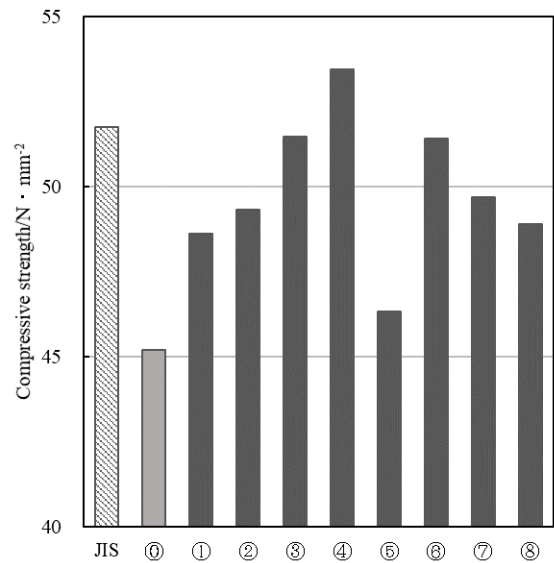


図-1 FA 添加モルタルの圧縮強度

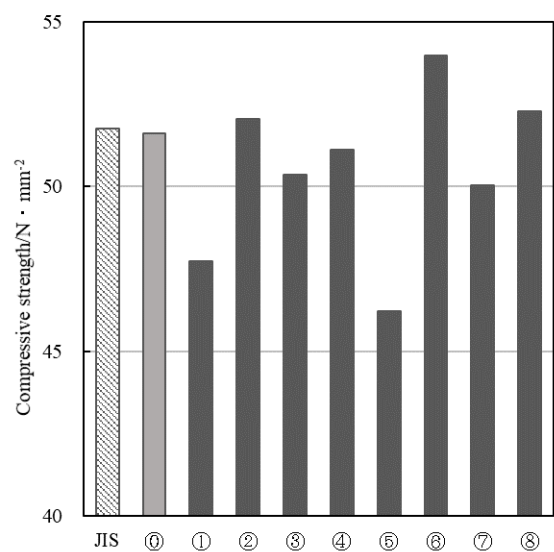


図-2 SA 添加モルタルの圧縮強度