

# 建筑垃圾磨细粉作矿物掺合料对水泥物理力学性能的影响

毋雪梅, 杨久俊, 黄明

(郑州大学材料科学与工程学院, 河南 郑州 450052)

**摘要** 研究建筑垃圾磨细粉作水泥、混凝土矿物掺合料的可能性。主要研究建筑垃圾磨细粉对水泥的物理力学性能的影响。为了提高建筑垃圾磨细粉在水泥中的掺量, 还研究了碱性激发剂对其的激发作用。研究结果表明: 碱性激发剂对建筑垃圾磨细粉的激发效果早期非常明显, 但后期效果不是特别明显。

**关键词** 建筑垃圾; 再生利用; 废弃混凝土磨细矿物掺料; 废弃碎砖磨细矿物掺料; 激发

中图分类号: TQ172.4\*4

文献标识码: B

文章编号: 1001-702X(2004)04-0016-03

**Abstract:** The possibility of using pulverized building refuse as mineral admixture for cement and concrete is studied mainly involving the influence of pulverized building refuse on physical mechanical properties of cement. The effect of alkaline excitation agent is also studied in order to increase the content of pulverized building refuse in cement. The result shows that the effect of alkaline excitation agent on pulverized building refuse is obvious at early stage, but it is not so obvious at late stage.

**Key words:** building refuse; reclaiming; waste concrete pulverized mineral admixture; waste broken brick pulverized mineral admixture; excitation

## 0 引言

关于建筑垃圾(本文主要指混凝土块、混有砂浆的碎砖块)的再生利用, 目前国内外的研究主要集中在再生骨料及再生混凝土等方面。再生骨料由于在使用期间或破碎期间产生裂缝缺陷, 使其本身强度偏低, 吸水率偏大, 且品质变化较大, 只能用于配制低强度的混凝土。且由于再生混凝土的耐久性偏差, 美国、日本等国家对再生骨料及再生混凝土的使用也仅限于道路垫层等低等级要求的部位, 限制了其在建筑物中的使用。也有人对再生骨料采用裹浆法及渗透法进行改性, 但成本太高且成效不大<sup>[1]</sup>。另外, 在再生骨料的生产过程中往往又废弃了粒径小于 2 mm 的富水泥浆颗粒, 这既使建筑垃圾再利用效率大大降低又对环境造成二次污染。因此, 研究建筑垃圾粉粒料的利用问题很有必要。

本文将废弃混凝土和混有砂浆的废弃碎砖块分别磨至

不同细度作为矿物掺合料部分替代水泥, 以研究其对水泥物理力学性能的影响, 探求建筑垃圾 100% 再生利用的可能性。

## 1 试验

### 1.1 原材料

水泥: 郑州金龙水泥股份有限公司生产的 P.O 42.5 级水泥, 其物理力学性能及化学成分分别见表 1 和表 2。

砂: ISO 标准砂。

NaOH: 山西省榆社化工总厂生产, 片状, 符合 GB 209-93 的要求, 工业纯度不小于 96%。

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: 天津市双船化学试剂厂生产的无水 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 化学纯度不小于 99%。

废弃混凝土磨细矿物掺料(FH): 取自郑州河南省委党校老教学楼拆除的废弃混凝土。该楼为砖混结构, 建于 20 世纪 70 年代。废弃混凝土先用 PE60×100 鄂式破碎机破碎, 然后用 G05050 型小磨机通过粉磨不同时间, 磨至 3 种细度。其化学成分见表 2, 不同细度、代号及物理性能见表 3。

废弃碎砖磨细矿物掺料(FZ): 同样取自该幢教学楼拆除楼, 为青砖。用上述同样方法磨至 3 种细度。其化学成分见表 2, 不同细度、代号及物理性能见表 3。

收稿日期: 2003-11-18

作者简介: 毋雪梅, 女, 1969 年生, 河南延津人, 讲师, 主要从事材料科学与工程方面的研究。地址: 河南省郑州市大学路 75 号, 电话: 0371-3852549。

表 1 水泥的物理力学性能

相对密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.08 mm 筛筛余 (%)	比表面积 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	胶砂 流动度 (mm)	体积 安定性	抗折强度 (MPa)		抗压强度 (MPa)	
					3 d	28 d	3 d	28 d
2.96	1.9	4400	210	合格	4.47	8.37	20.7	51.66

表 2 水泥、FH、FZ 的化学成分 %

项目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	烧失量
水泥	21.20	5.54	3.46	59.68	1.65	2.61	2.70
FH	28.35	3.67	2.22	35.60	7.98	0.80	19.32
FZ	70.37	10.30	2.85	6.48	1.84	0.22	7.08

注:由金龙水泥股份有限公司水泥化学实验室测试。

表 3 不同细度 FH、FZ 的物理性能

项 目	FH1	FH2	FH3	FZ1	FZ2	FZ3
0.08 mm 筛筛余/%	25.0	13.6	9.2	14.0	7.6	0.8
比表面积/( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	3321	6410	7950	4300	4882	7554
标准稠度/%	23.6	23.0	24.0	27.6	27.0	26.6
相对密度/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.60	2.60	2.60	2.59	2.59	2.59

## 1.2 试验方法

研究 FH、FZ 以不同比例替代水泥后以及分别加入 NaOH 或 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 作激发剂后对水泥的一系列物理力学性能的影响,重点研究其对力学性能的影响。

(1) 筛余百分数参照 GB/T 1345-1991 《水泥细度检验方法》(0.08 mm 筛筛析法)、水筛法。

(2) 比表面积测定参照 GB/T 8074-1987 《水泥比表面积测定方法》勃氏法。

(3) 标准稠度、凝结时间、安定性参照 GB/T 1346-2001 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》。其中安定性检测采用沸煮试饼法。

(4) 力学性能测试采用 GB/T 17671-1999 《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》。

(5) 激发剂采用先溶于水中的方法。其掺配比例指的是 FH 或 FZ 替代水泥的质量百分含量。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 FH 和 FZ 对水泥强度的影响

#### 2.1.1 未加激发剂时的影响

在未加激发剂情况下,不同掺量和细度的 FH、FZ 对水泥力学性能的影响见表 4。

从表 4 可以看出, FH、FZ 对水泥力学性能的影响有相似的特点。当取代量在 10% 左右时,不降低水泥力学性能。甚至在 FH 掺量不超过 10%、0.08 mm 筛筛余百分数也不超过 10% 的情况下,能略微提高水泥的力学性能,尤其是早期强

度,这可能是由于 FH 中的 CaCO<sub>3</sub> 成分对水泥中的 C<sub>3</sub>A、C<sub>3</sub>S 的水化有促进作用的缘故<sup>[2]</sup>。但当取代量超过 20% 后,力学性能明显下降,但对水泥的物理性能影响不大,并且标准稠度用水量的降低有利于混凝土的工作性。FZ 细度的影响似乎比 FH 大, FZ2 对水泥力学性能的提高较为显著。当 0.08 mm 筛筛余不超过 10% 时,对水泥力学性能有利,但过细,如 FZ3,则水泥力学性能又有所下降。

表 4 不同掺量和细度的 FH、FZ 对强度的影响

项 目		抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
		3 d	28 d	3 d	28 d
FH1	10%	4.54	8.69	20.2	49.0
	20%	4.15	7.82	16.7	39.8
	30%	2.98	7.08	13.4	32.0
FH2	10%	4.12	8.86	19.0	49.9
	20%	3.75	7.57	15.9	37.2
	30%	3.30	6.21	16.8	27.5
FH3	10%	4.59	8.23	21.0	48.9
	20%	3.86	7.17	15.6	37.5
	30%	3.53	6.48	15.1	29.5
FZ1	10%	4.33	8.26	17.0	45.9
	20%	3.44	7.59	14.5	35.0
	30%	2.80	6.30	10.8	26.4
FZ2	10%	5.05	8.08	22.5	50.1
	20%	3.56	7.47	14.4	40.9
	30%	3.72	7.31	15.6	32.2
FZ3	10%	4.33	7.66	17.0	41.9
	20%	3.45	7.47	14.5	36.4
	30%	2.90	6.14	11.1	28.1

#### 2.1.2 掺加激发剂时的影响

加入不同种类和掺量碱性激发剂情况下, FH3、FZ3 替代 30% 水泥后对水泥力学性能的影响及与相同情况下未加激发剂的比较见表 5。

表 5 不同种类和掺量碱性激发剂对强度的影响 MPa

项 目	FH3				FZ3			
	抗折强度		抗压强度		抗折强度		抗压强度	
	3 d	28 d	3 d	28 d	3 d	28 d	3 d	28 d
无激发剂	3.53	6.48	15.1	29.5	2.90	6.14	11.1	28.1
0.5%NaOH	3.88	6.56	18.9	34.6	3.53	7.01	16.6	34.2
1%NaOH	4.01	6.57	19.0	35.0	3.65	7.03	18.3	37.2
1.5%NaOH	4.34	6.59	19.0	36.6	3.98	7.63	20.0	38.4
2%NaOH	3.80	6.48	20.7	33.1	3.60	7.51	18.3	36.1
0.5%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4.30	6.52	21.0	35.4	3.35	6.80	19.9	35.6

实验表明,碱性激发剂对 FH、FZ 有激发效果,加入激发剂后与未加激发剂的相比强度大大提高,尤其是早期强度。当 FH 或 FZ 的取代量达到 30% 时,早期抗压强度仍不降低,接近于纯水泥,但后期强度有所下降。激发剂对 FZ 的激发效果明显高于对 FH。激发剂的掺量以 1.5% 为佳。



2.2 FH、FZ 对水泥物理性能的影响 (见表 6)

表 6 FH、FZ 对水泥物理性能的影响

项 目	标准稠度 /%	体积 安定性	初凝时间 /min	终凝时间 /min
水泥	29.0	合格	192	350
30%FH3 替代水泥	25.3	合格	185	360
30%FZ3 替代水泥	27.8	合格	201	355
30%FH3+1%NaOH	26.0	合格	184	365
30%FZ3+1%NaOH	27.9	合格	188	356

3 结 语

在水泥中掺入适量及一定细度的 FH、FZ 有利于其性能

提高,或者至少是不降低其性能。碱性激发剂对 FH、FZ 的激发效果非常理想,甚至可使早期强度成倍增加,有望在激发剂作用下,进一步提高 FH、FZ 在水泥中的掺量。但要进一步提高掺量和后期强度,还有待于作进一步的研究。

参考文献：

[1] 杜婷等.混凝土再生骨料强化试验研究.新型建筑材料,2002,(3)  
[2] Influence of finely ground limestone on cement hydration.CCR 21,1999:99-105.

