

磨细钢渣粉作水泥高活性混合材料的研究

陈益民 张洪滔 郭随华 林 震 张文生
(中国建筑材料科学研究院 水泥与新型材料所 北京 100024)

摘要: 研究了以首钢钢渣制备水泥高活性混合材, 结果表明钢渣粉的活性指数随其预粉磨的比表面积增加而提高。用足够细的磨细钢渣粉可以制成 525 普通硅酸盐水泥、525 复合硅酸盐水泥、425 复合硅酸盐水泥和钢渣矿渣水泥。水泥的安定性、凝结时间、标准稠度用水量均符合国家标准。

关键词: 钢渣粉 水泥 混合材料 高活性

Abstract: High reactivity blending materials prepared by steel slag from Capital Steel Group was studied. The results reveal that the reactivity index of pulverized steel slag increases with the increase of the specific surface area of the pre-ground steel slag. 525 and 425 ordinary Portland cement, 525 composite Portland cement, 425 steel slag Portland cement can be produced with the addition of pulverized steel slag with enough fineness. The soundness, setting time and water demand for normal consistency of the resultant cement conform to the requirements of national standard.

Key words: pulverized steel slag ; cement blending materials ; high reactivity

中图分类号 :TQ172.4+4 文献标识码 :A 文章编号 :1002-9877(2001)05-0001-04

0 引言

全国每年排放钢渣 1 000 多万 t,其中首钢约 100 万 t,大部分用于制作路基填充料等较低附加值的产品。将钢渣应用于水泥中作为混合材料时,以往的技术通常将钢渣与熟料及其他组分共同粉磨,由于钢渣的易磨性远差于水泥熟料,使得水泥中钢渣的细度比熟料粗,钢渣活性得不到充分发挥。钢渣矿渣水泥的国家标准规定将水泥的比表面积控制在 350m²/kg 以上,实际上水泥中各个组分的细度不得而知,钢渣矿渣水泥的标号多数为 325。若掺加激发剂来提高水泥强度,有可能在混凝土的制备过程中出现意想不到的问题。由于钢渣活性未得到充分发挥,致使含钢渣的水泥在市场上的竞争力较弱。因此,提高钢渣本身

的活性是有效利用钢渣的发展方向。笔者近年来在这一方面进行了研究,开发出磨细钢渣粉新产品,本文给出部分研究成果。

1 试验用原材料

钢渣取自首钢总公司,化学成分列于表 1,其中 CaO 含量较高,经计算其碱度系数为 2.6。水泥熟料取自燕山水泥厂的回转窑熟料,预先粉磨至比表面积 330m²/kg。石膏为二水石膏,SO₃ 含量 35.9%,预先粉磨至比表面积约 330m²/kg。几种不同细度的磨细矿渣粉取自首钢,比表面积为 182~383m²/kg。将钢渣在粉碎机上粉碎和分选,制成不同细度(比表面积 237~800m²/kg)的磨细钢渣粉。

表 1 首钢磨细钢渣粉的化学成分 %

Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	F ⁻	CaF ₂	MnO	P ₂ O ₅	R ₂ O	TiO ₂	Fe
0.79	15.28	5.31	18.55	43.15	12.39	0.10	1.07	2.20	1.21	0.92	0.06	1.06	0.68

2 试验方法

按照 GB12957-1991 规定的方法,测定磨细钢渣粉的活性系数。将各种原料分别预先磨细,然后按 GB175-1992、GB12958-1991、GB13590-1992 规定的比例配合、混合,制成水泥。按照 GB177-1985、GB1346-1989 规定的方法测定掺有磨细钢渣粉的水泥的强度、标准稠度用水量、凝结时间,用压蒸法测定

水泥安定性。

3 试验结果

3.1 钢渣粉活性试验

将不同比表面积的钢渣粉与熟料粉及 5% 石膏粉混合,配制成水泥,其中钢渣粉的掺入量分别为 30% 和 50%。测定其胶砂强度,与未掺钢渣粉的水泥强度相比较,得到不同比表面积的钢渣粉的活性指

数,见表 2。

表 2 掺 30% 和 50% 钢渣粉的水泥强度试验结果

钢渣粉 掺量/%	钢渣粉 比表面积 /(m ² /kg)	抗折强度/MPa			抗压强度/MPa			活性指数 /%	
		3d	7d	28d	3d	7d	28d	7d	28d
0		6.7	7.6	9.2	36.0	44.5	58.4		
30	237	4.4	6.1	6.4	24.5	33.8	44.8	76	77
	303	4.9	6.6	7.3	26.3	37.4	48.3	84	83
	382	6.1	6.9	7.5	34.2	39.1	50.8	88	87
	460	6.5	7.1	8.2	35.3	42.7	54.4	96	93
	800	6.5	7.5	8.2	42.2	45.9	55.3	103	95
50	382	4.5	5.1	6.1	22.5	29.8	35.6	67	61
	460	5.2	5.8	6.6	25.6	31.1	41.2	70	71
	800	5.2	5.7	6.6	40.0	39.2	47.9	88	82

从表 2 可以看出,钢渣粉磨得越细,活性越高。在钢渣颗粒与熟料混合粉磨的情况下,钢渣的比表面积实际上与 237m²/kg 相近,此时其活性指数在 75% 左右,可以作为水泥的活性混合材料,但是活性较低。当比表面积由 237m²/kg 提高到 460m²/kg,钢渣粉的活性指数直线上升(见图 1),直至 95% 左右。所以为了提高钢渣粉的活性,在高标号水泥中增加钢渣的掺加量,提高钢渣的预粉磨细度是十分必要的。对于首钢的钢渣而言,用 7d 的抗压强度比和 28d 的

抗压强度比来代表其活性,均可以得到相近的结果。表明钢渣的活性在较早龄期就可以得到发挥,而矿渣和粉煤灰等其它混合材料却往往要到较长龄期才能发挥作用。当钢渣粉比表面积达到 800m²/kg 时,7d 的活性指数明显高于 28d 的活性指数,说明超细的钢渣粉早期强度更高,甚至高于空白样品。这是因为超细钢渣粉中的 C₃S、C₂S 等对早期强度起作用。

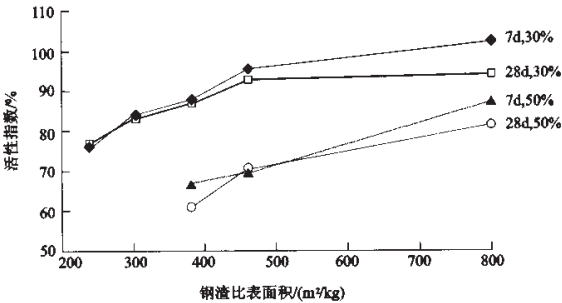


图 1 首钢磨细钢渣粉比表面积与活性指数的关系

3.2 掺钢渣粉的水泥强度试验

3.2.1 掺钢渣粉的普通硅酸盐水泥

表 3 列出掺钢渣粉和矿渣粉的普通硅酸盐水泥试验结果。可见,当钢渣粉和矿渣粉较粗时,掺加 10% 的钢渣粉和 5% 矿渣粉难以保证制备 525 水泥。如果提高钢渣粉和矿渣粉的比表面积至 300 m²/kg 以上,则可以很容易地制成 525 普通硅酸盐水泥。

表 3 掺钢渣粉的普通硅酸盐水泥的配比和强度

编号	钢渣比表面积 /(m ² /kg)	矿渣比表面积 /(m ² /kg)	配比/%				抗折强度/MPa			抗压强度/MPa		
			熟料	石膏	钢渣	矿渣	3d	7d	28d	3d	7d	28d
硅 0			95	5			6.7	7.6	9.2	36.0	44.5	57.2
普 1	237	182	80	5	10	5	5.3	6.6	8.0	28.5	39.7	52.9
普 2	380		85	5	10		7.6	8.1	9.0	38.7	47.3	56.9
普 3	380	300	80	5	10	5	6.0	7.8	8.9	30.0	41.5	55.7
普 4	409	202	80	5	10	5	6.0	7.7	9.0	31.9	40.5	55.4
普 5	460	383	80	5	10	5	6.0	7.7	9.5	39.2	45.0	58.1

3.2.2 掺钢渣粉的复合硅酸盐水泥

表 4 列出以钢渣粉和矿渣粉作为混合材料的复合硅酸盐水泥的配比与强度试验结果。可见,较粗的钢渣粉和矿渣粉总掺量为 30% 时水泥强度只能达到 425,掺量为 45% 时水泥强度只能达到 325。提高钢渣粉和矿渣粉的比表面积,钢渣粉和矿渣粉总掺量为 30% 和

45% 时水泥强度分别可以达到 525 和 425 以上。

3.2.3 掺钢渣粉的钢渣矿渣水泥

表 5 的数据表明,只有当钢渣粉和矿渣粉都接近 400m²/kg 时,才能配制成 425 钢渣矿渣水泥。如果钢渣和矿渣稍粗,就只能制成 325 钢渣矿渣水泥。

表 4 掺钢渣粉的复合硅酸盐水泥的配比和强度

编号	钢渣比表面积 /(m ² /kg)	矿渣比表面积 /(m ² /kg)	配比/%				抗折强度/MPa			抗压强度/MPa		
			熟料	石膏	钢渣	矿渣	3d	7d	28d	3d	7d	28d
复 1	237	182	65	5	15	15	4.3	5.1	7.3	23.4	33.0	48.3
复 2	237	182	50	5	25	20	3.8	4.7	6.6	15.7	22.5	36.9
复 3	380	300	65	5	15	15	5.6	7.5	8.5	29.0	38.0	54.2
复 4	380	300	50	5	25	20	5.0	6.5	7.1	28.6	39.6	52.0
复 5	409	383	65	5	15	15	5.7	7.1	8.4	30.7	43.8	53.5
复 6	409	383	50	5	25	20	4.8	6.4	7.9	25.9	35.5	52.7

表 5 掺钢渣粉的钢渣矿渣水泥的配比和强度

编号	钢渣比表面积 /(m ² /kg)	矿渣比表面积 /(m ² /kg)	配比/%				抗折强度/MPa			抗压强度/MPa		
			熟料	石膏	钢渣	矿渣	3d	7d	28d	3d	7d	28d
钢 1	380	300	35	5	30	30	3.6	5.1	6.6	19.7	23.4	38.9
钢 2	409	383	35	5	30	30	5.0	6.7	8.1	30.1	34.1	51.5

3.3 水泥标准稠度用水量、凝结时间和安定性试验

试验数据还表明, 掺加各种细度的钢渣粉配制的普通硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、钢渣矿渣水泥的标准稠度用水量均在合理范围内, 波动于 23.5%~27% 之间, 与掺其它混合材料的水泥相当。图 2 和图 3 分别给出磨细钢渣粉和矿渣粉掺加量与水泥凝结时间的关系。

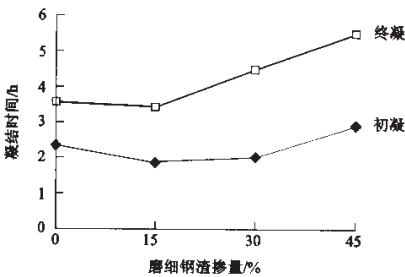


图 2 磨细钢渣粉(比表面积 303m²/kg)掺加量与水泥凝结时间的关系

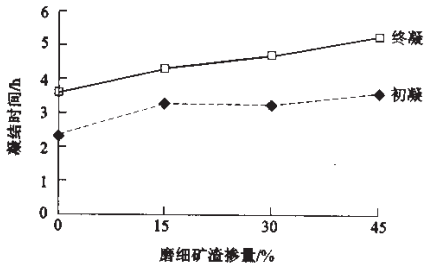


图 3 磨细矿渣粉(比表面积 383m²/kg)掺加量与水泥凝结时间的关系

可见, 单掺磨细钢渣粉的普通硅酸盐水泥凝结时间不比纯硅酸盐水泥长, 与单掺矿渣的普通硅酸盐水泥相比, 还略有缩短。因此掺磨细钢渣粉制备的普通硅酸盐水泥凝结时间属于比较理想的, 在使用中将不会有不良影响。当钢渣粉掺量为 30% 时, 水泥初凝时间也未延长, 而终凝时间明显延长。随钢渣粉增加, 凝结时间延长。

与纯硅酸盐水泥相比, 掺磨细钢渣粉的复合硅酸盐水泥初凝时间延长 0.5~3h, 终凝时间延长 0.5~4h。掺钢渣粉的钢渣矿渣水泥凝结时间比复合硅酸盐水泥的凝结时间更长一些, 这是因为水泥中混合材料掺加量进一步增加所致。钢渣矿渣水泥初凝时间最迟可至约 5h, 终凝时间最长可达 8h。

对于部分掺加钢渣粉的水泥作了压蒸安定性, 结果表明: 即使钢渣粉掺量达到 45%, 所有水泥的安定性全部合格。

3.4 掺磨细钢渣粉的水泥砂浆流动度

水泥流动度测定按照国家标准规定的方法进行, 表 6 列出了掺首钢磨细钢渣粉对水泥砂浆流动度的影响。

从表 6 中数据可以看出, 掺入磨细钢渣粉后的流动度均有所增加, 从 110mm 提高到 116~119mm。这说明在水泥中掺入首钢磨细钢渣粉可以提高砂浆的流动度, 这也将有利于提高混凝土的性能。

表 6 掺磨细钢渣粉的水泥砂浆流动度试验结果

编号	钢渣粉比表面积 /(m^2/kg)	水泥配比 /%			流动度 /mm
		熟料	钢渣粉	石膏	
0		96	0	4	110.5
1	382	70	30	5	118.0
2	382	50	50	5	118.9
3	409	70	30	5	116.2
4	409	50	50	5	117.2
5	460	70	30	5	116.5
6	460	50	50	5	117.4

4 电耗与成本分析

钢渣粉采用专利技术制造的专用粉碎设备制备,由 5cm 以下的块状料直接粉碎成比表面积在 $100\text{m}^2/\text{kg}$ 以上的粉料,电耗约 $50\text{kWh}/\text{t}$,价格约 100 元/t。将该钢渣粉与熟料、石膏及其它混合材料共同粉磨而制成水泥。如果在水泥厂直接粉碎钢渣,成本将有所下降。

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(59578052),四川省教委青年基金资助项目。

5 结论

1) 以磨细钢渣粉作水泥混合材料,依据掺量不同,可以制备 525 或 425 普通硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、钢渣矿渣水泥等品种的水泥。为确保能够生产高标号水泥,有必要将钢渣预先粉磨到足够大的比表面积。

2) 掺首钢磨细钢渣粉的水泥压蒸安定性合格,标准稠度完全在正常的范围内,砂浆流动性略有提高,凝结时间均符合国家的水泥标准。首钢磨细钢渣粉对水泥的凝结时间的影响与一般的混合材料的影响规律相似,随掺量增加,凝结时间延长。但是在磨得足够细之后掺加量为 15% 时凝结时间几乎不延长。

3) 预先磨细处理可以显著提高钢渣混合材料的活性指数,从而解决在水泥中增加钢渣掺量同时确保水泥高标号的难题。这样既可以充分发挥钢渣的作用,又可以最大限度地利用水泥熟料的胶凝性,可以获得最高的资源利用率和最佳的社会经济效益。

(编辑 胡如进)