

再生水泥土废渣砖的制备和性能研究^①

□□ 储 钢,秦鸿根,张盛龙,杨 军,郭 伟 (东南大学 材料科学与工程学院,江苏 南京 211189)

摘 要:对利用建筑垃圾水泥土、工业废渣粉煤灰、脱硫石膏等来制备轻荷载砌块材料进行了试验研究,确定了最佳配合比。再生水泥土废渣砖的14 d抗压强度最高可达7.5 MPa,28 d强度可达9.5 MPa,可用作绿化风景带的小路以及一些承载小的道路等的铺设。再生水泥土废渣砖生产技术简单、可操作性强、易于生产,有利于节能、环保、利废,具有很好的经济效益和社会效益。

关键词:水泥土;粉煤灰;脱硫石膏;石灰;电石渣;抗压强度
中图分类号:X 773 **文献标识码:**A

引言

在建筑工地深层搅拌桩施工中会排出大量的废料,其主要成分是水泥和土(水泥土)。目前,我国对废弃水泥土绝大部分不经任何处理,造成了严重的环境污染和资源浪费,而且堆放、掩埋这些废弃物又要占用大量的土地资源。另一方面,随着建筑业的蓬勃发展,对建筑材料的需求量也急剧增加,水泥的生产不仅要消耗大量的资源和能源,并且还会排放大量的CO₂和粉尘,这势必会进一步破坏环境,并影响到建筑业的可持续发展。

脱硫石膏是火力发电厂利用脱硫净化工艺技术处理煤、油等含硫燃料燃烧产生的烟气而得到的一种工业副产石膏,如不能得到利用而大量废弃堆存,不仅侵占土地,还会污染土壤和地下水环境。

本试验是以水泥土废料、电厂脱硫石膏、粉煤灰和电石渣等工业废渣为主要原料制备非烧结普通砖,具有很好的经济效益和社会效益,可以达到节能、环保、利废的目的。

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

(1)水泥土:建筑工地深层搅拌桩施工时排出的废料。

(2)粉煤灰:Ⅱ级粉煤灰,作为主要掺合料。

(3)脱硫石膏:电厂脱硫副产品,为亟待处理的工业废料,起硫酸盐激发作用。

(4)石灰或电石渣:马钢产,为碱性激发剂。

(5)元明粉:主要作为硫酸盐激发剂。

(6)水:普通的自来水。

1.2 试验方法

将脱硫石膏、电石渣或石灰原材料磨细,达到相应要求后,将粉煤灰、脱硫石膏、石灰和元明粉搅拌均匀,然后加水搅拌,再与水泥土(水泥土中含水泥15%、土59.5%、水25.5%)充分搅拌均匀;装模成型过程中分3次装模,人工先用工具初步捣实,最后放在振动台上振捣1 min,将其表面抹平;3 d后拆模编号,然后送入标准养护室养护,分别测其14 d和28 d抗压强度。

2 试验结果与分析

2.1 试验方案

利用石灰或电石渣中的Ca(OH)₂与脱硫石膏中的硫酸盐共同激发粉煤灰和水泥土的活性,以提高废渣砖的强度。通过增钙、增硅、碱激发、磨细等活化工艺,对粉煤灰进行改性处理,可以激发粉煤灰潜在的活性,生成类似于硅酸盐水泥的水化产物,从而提高其综合性能。CaO或Ca(OH)₂是激发粉煤灰活性的必要条件,而硫酸盐则是激发粉煤灰活性的充分条件。因此,可以将粉煤灰-石灰-硫酸盐系统看成是激发粉煤灰活性最基本的系统^[1]。

本试验采用水泥土、脱硫石膏、粉煤灰和石灰为原料制备水泥土废渣砖。采用正交设计方法,以粉煤灰作为平衡项,并按L₁₆(4⁵)正交表进行试验。正交试验的因素水平见表1。

① 基金项目:铁道部科技研究开发计划资助项目(2008G032-6)

表1 水泥土废渣砖正交设计表

因素	A	B	C	D
水平	水泥土/%	脱硫石膏/%	石灰/%	元明粉/%
1	50	7.5	5.0	0
2	55	10.0	7.5	0.25
3	60	12.5	10.0	0.50
4	65	15.0	12.5	0.75

2.2 水泥土废渣砖的配比与力学性能

按表1正交设计表安排了16组试验,试验配合比和14 d、28 d抗压强度试验结果见表2。

表2 正交表 $L_{16}(4^5)$ 试验结果¹⁾

序号	水泥土/%	石膏/%	石灰/%	元明粉/%	粉煤灰/%	抗压强度/MPa/%		
						14 d	28 d	极差
1	50	7.5	5	0	37.5	6.36	7.89	1.53
2	50	10	7.5	0.25	32.25	5.79	7.33	1.54
3	50	12.5	10	0.5	27	5.34	6.18	0.84
4	50	15	12.5	0.75	21.75	3.11	3.46	0.35
5	55	7.5	7.5	0.5	29.5	5.78	6.95	1.17
6	55	10	5	0.75	29.25	4.18	4.87	0.69
7	55	12.5	12.5	0	20	4.59	5.6	1.01
8	55	15	10	0.25	19.75	3.63	4.07	0.44
9	60	7.5	10	0.75	21.75	4.92	6.03	1.11
10	60	10	12.5	0.5	17	3.47	3.88	0.41
11	60	12.5	5	0.25	22.25	4.04	5.15	1.11
12	60	15	7.5	0	17.5	2.71	3.93	1.22
13	65	7.5	12.5	0.25	14.75	4.58	6.37	1.79
14	65	10	10	0	15	4.05	5.99	1.94
15	65	12.5	7.5	0.75	14.25	3.93	4.02	0.09
16	65	15	5	0.5	14.5	3.24	3.32	0.08

1) 砖的表观密度为 1720 kg/m^3 。

2.3 数据处理与分析

采用级差分析法对表2的试验结果进行分析,分别得到抗压强度与水泥土、脱硫石膏、石灰和元明粉用量的关系曲线(见图1至图4)。

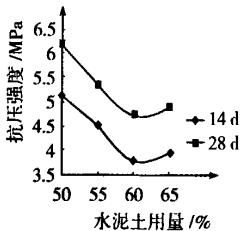


图1 抗压强度与水泥土用量的关系

试验结果表明:

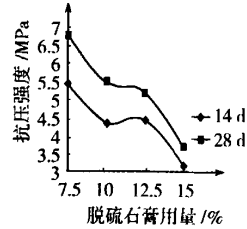


图2 抗压强度与脱硫石膏用量的关系

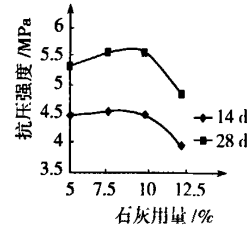


图3 抗压强度与石灰用量的关系

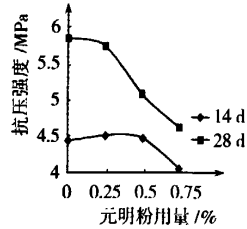


图4 抗压强度与元明粉用量的关系

(1) B组分脱硫石膏对抗压强度的影响最大,以 B_1 最好,即脱硫石膏掺量为7.5%时抗压强度最高。随着脱硫石膏掺量的提高,废渣砖的抗压强度下降。掺量在7.5%~12.5%时强度差别不大,但掺量为15%时强度显著降低。

(2) A组分水泥土对抗压强度的影响较大,以 A_1 为好,即水泥土掺量50%时抗压强度最高。随着水泥土用量的提高,废渣砖的抗压强度下降,水泥土用量>55%时强度下降较为明显。

(3) C组分和D组分对抗压强度的影响不大,石灰掺量以7.5%~10%为好,元明粉掺量以0~0.25%为好。

(4) 水泥土废渣砖的早期强度增长较快,后期增长较慢,28 d后强度还会略有增长,但增长不多;粉煤灰掺量较大时,后期强度增长较多,说明粉煤灰有提高后期强度的作用。

(5) 14 d的最优方案为: $B_1A_1C_2D_2$; 28 d的最优方案为: $B_1A_1C_2D_1$ 。

2.4 再生水泥土废渣砖优化试验

根据对上述试验结果的分析,对再生水泥废渣

砖进行了性能优化试验,结果见表3。

表3 再生水泥土废渣砖的性能

序号	水泥土 /%	粉煤灰 /%	电石渣 /%	石灰 /%	脱硫石膏 /%	元明粉 /%	抗压强度/MPa	
							14 d	28 d
1	50	33	10	0	7	0.2	7.50	9.54
2	55	26	12	0	7	0.2	6.86	9.20
3	60	19	14	0	7	0.2	6.58	7.19
4	55	31	0	7	7	0.2	6.66	7.12

根据上述配比,搅拌、成型 40 mm × 40 mm × 160 mm 的试件,其他条件(如石灰比等)与前期试验相同,测试 14 d 和 28 d 的抗压强度。再生水泥土废渣砖 14 d 抗压强度最高可达 7.5 MPa,28 d 抗压强度可达 9.5 MPa。

2.5 水泥土废渣材料硬化机理分析

水泥水化产物在水中达到饱和溶液后会形成凝胶微粒悬浮于溶液中。这种凝胶微粒的一部分逐渐自身凝结硬化而形成水泥石骨架,另一部分与周围具有一定活性的土颗粒发生反应,促进土体进一步胶结。同时,水泥中的 CaSO₄ 和 C₃A 一起与水反应生成钙矾石,以针状结晶的形式析出,这一反应使土中大量的自由水以结晶的形式固定下来,但硫酸钙的含量不能过多,否则钙矾石针状结晶会使水泥土膨胀破坏^[2]。

另外,由于离子交换和团粒化作用、硬凝反应^[3]而形成较坚固的水泥团粒结构,使得土的强度提高。以及生成不溶于水的、稳定的硅酸钙或铝酸钙结晶化合物(即微晶凝胶),它在水中逐渐硬化使得强度增长,其结构致密使水泥土具有一定的水稳定性。

3 结论

3.1 掺加Ⅱ级粉煤灰对提高水泥土废渣砖的抗压强度有促进作用,主要能提高后期强度,其掺量以 30% 较好。水泥土用量增加时,再生水泥土废渣砖强度降低,其用量以 50% ~ 55% 为好。水泥水化生成的水化硅酸钙凝胶起着连结晶体、土团、土粒的重要粘结作用,这种粘接力是范德华力、氢键、表面能的综合反映。

3.2 若脱硫石膏掺量过高,则硫酸钙含量高,水化过程中生成的钙矾石会导致水泥土膨胀开裂,致使强度降低,所以,其掺量以 7% ~ 8% 为宜,废渣砖强度高时可适当提高脱硫石膏的掺量。

3.3 一定掺量的石灰对提高强度有益,其适宜掺量

与粉煤灰掺量有关,一般以 7.5% 为好,采用电石渣时可提高至 10%。在低温湿热的条件下,随着养护龄期的增加,石灰或是电石渣中的 Ca(OH)₂ 激发粉煤灰的火山灰效应,生成水化硅酸钙和水化铝酸钙,从而使其强度提高^[4]。

3.4 再生水泥土废渣砖 14 d 抗压强度最高可达 7.5 MPa,28 d 强度可达 9.5 MPa,可以满足承载小的道路用砖的要求,还可以用于建筑工程非承重墙的砌筑等。再生水泥土废渣砖生产技术简单、技术要求低,投资成本低,可操作性强,生产上可行。与烧结砖相比,由于再生水泥土废渣砖无需烧结工艺,可以节约大量的能源和资源,对环境无污染,具有很好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 邱树恒,牛存涛,何欠,等. 电石渣对大掺量粉煤灰水泥砂浆影响的研究[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2008, 33(2): 151 - 155.
- [2] 钱觉时. 建筑材料学[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2007.
- [3] 张振拴,王占雷,杨志红,等. 夯实水泥土桩复合地基技术新进展[M]. 北京:中国建材工业出版社,2007.
- [4] 邱树恒,李子成,廖秀华,等. 用工业废渣制造轻质墙体砌块及其性能研究[J]. 混凝土与水泥制品,2006, (4): 62 - 64.

Study on Preparation of the Renewable Soil - Cement Slag Bricks and Their Properties

CHU Gang¹, QIN Hong - gen^{1,2}, ZHANG Sheng - long¹, YANG Jun¹, GUO Wei^{1,2}

(1. School of Material Science and Engineering, Southeast University, Nanjing, Jiangsu, 211189, China; 2. Jiangsu's Key Laboratory of Construction Materials, Southeast University, Nanjing, Jiangsu, 211189, China)

Abstract: Here is an experimental study of the preparation of the light - load block materials by making use of the construction waste soil - cement, industrial waste fly ash, gypsum, etc. to determine the optimal mix of the renewable soil - cement bricks. The 14 d compression strength of the bricks can reach up to 7.5 MPa, and 28 d compression strength can reach 9.5 MPa. The bricks can be used to build green landscape - paths and some minor - load roads. The production technology of the renewable soil - cement slag bricks is simple, easy to operate and produce and

粉煤灰再生混凝土的物理力学性能研究^①(一)

□□程清波¹,王武祥² (1.许昌大成建设(集团)有限公司,河南 许昌 461000;2.中国建筑材料科学研究总院 绿色建筑材料国家重点实验室,北京 100024)

摘要:研究了自然养护粉煤灰再生混凝土的物理力学性能。结果表明,固定再生原料用量,掺加适量粉煤灰可提高再生混凝土的抗压强度,增强效果因再生原料组成与用量的不同而异。随着粉煤灰掺量的增加,再生混凝土的绝干密度和抗压强度将出现极大值,但出现极值时的粉煤灰掺量并不一致。再生混凝土的吸水率和混合料拌和用水量则随粉煤灰掺量的提高而不断增加。在制备再生混凝土及制品时,应合理确定粉煤灰掺量。

关键词:粉煤灰再生混凝土;物理力学性能;建筑垃圾;自然养护

中图分类号:X799.1;TU 528.04 **文献标识码:**A

引言

废混凝土和废烧结砖是建筑垃圾的主要组分,通过回收加工成为再生原料(废混凝土再生原料和废烧结砖再生原料),可用于制备低强度等级的混凝土及制品。采用普通颧破工艺加工的再生原料,其颗粒棱角多、表面粗糙,导致再生混凝土混合料级配不佳、孔隙率大,影响再生混凝土的浆体性能、物理力学性能和耐久性。同时,因建筑垃圾来源和组成复杂,再生原料质量波动大、均匀性差,造成再生混凝土质量极不稳定。研究表明,采用选择性拆除、建筑垃圾分类回收技术、再生原料预处理技术、配合比优化设计和添加活性混合材,可有效控制再生混凝土及制品质量稳定性^[1];利用粉煤灰取代再生原料或骨料,可显著改善再生混凝土的物理力学性能和表观质量^[2]。本文主要研究自然养护条件下粉

煤灰再生混凝土的物理力学性能,探讨粉煤灰对再生混凝土的增强效果。

1 试验

1.1 原材料

(1)水泥:北京琉璃河水泥厂生产的P·O 42.5 R水泥。

(2)再生原料:用颧式破碎机将回收的废混凝土和废烧结砖破碎成最大粒径<8 mm的再生原料,即废混凝土再生原料(代号 Rc)和废烧结砖再生原料(代号 Rb)。

(3)人工砂:最大粒径<5.0 mm,粒径<0.16 mm的细粉含量>20%。

(4)粉煤灰:北京石景山发电厂产Ⅲ级干排粉煤灰。

1.2 试件制作

按设定比例计量水泥、粉煤灰、废混凝土再生原料、废烧结砖再生原料、人工砂和水,使用砂浆搅拌机搅拌180 s,然后采用胶砂试模成型,成型时在胶砂振动台上振动120 s。在标准试验环境下养护24 h后脱模,然后密封自然养护至28 d。

1.3 性能测试

试件尺寸为40 mm×40 mm×160 mm。抗压强度的测试参照GB/T 17671—1999《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》进行,绝干密度和吸水率的测试参照GB/T 4111—1997《混凝土小型空心砌块试验方

beneficial to energy conservation, environment protection and utilization of the waste and therefore has good economic and social benefits.

Key words: soil - cement; fly ash; gypsum; lime; carbide slag; compression strength

作者简介:储钢(1988-),男,江苏丹阳人,东南大学材料科学与工程专业在校本科生。

收稿日期:2009-12-10

(编辑 盛晋生)

① 基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAJ02B05);国家“863”计划资助项目(2009AA032301)

再生水泥土废渣砖的制备和性能研究

作者: 储钢, 秦鸿根, 张盛龙, 杨军, 郭伟
作者单位: 东南大学, 材料科学与工程学院, 江苏, 南京, 211189
刊名: 建材技术与应用
英文刊名: RESEARCH & APPLICATION OF BUILDING MATERIALS
年, 卷(期): 2010 (2)

参考文献(4条)

1. 邱树恒;李子成;廖秀华 用工业废渣制造轻质墙体砌块及其性能研究[期刊论文]-混凝土与水泥制品 2006 (04)
2. 张振拴;王占雷;杨志红 夯实水泥土桩复合地基技术新进展 2007
3. 钱觉时 建筑材料学 2007
4. 邱树恒;牛存涛;何欠 电石渣对大掺量粉煤灰水泥砂浆影响的研究[期刊论文]-广西大学学报(自然科学版) 2008 (02)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jcjsyyy201002001.aspx