

[文章编号] 1003—4684(2019)05-0100-04

# 改性橡胶粉掺量对水泥砂浆性能的影响

陈金龙<sup>1</sup>, 胡春华<sup>1</sup>, 黄宏章<sup>2</sup>, 石爽爽<sup>2</sup>

(1 湖北工业大学 土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068;

2 上海千年城市规划工程设计湖北分公司, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 在工程建设中, 掺加橡胶粉、粉煤灰及矿渣的水泥砂浆被广泛应用, 但三者掺量不同水泥砂浆的性能也会有所不同。把橡胶粉掺量、粉煤灰掺量以及矿渣的掺量作为三因素, 以砂浆拌合物的流动性、保水性、砂浆的 12 h 抗压强度及 14 d 干缩变形为试验指标设计  $L_9(3^4)$  的正交试验, 研究分析各掺量对砂浆拌合物的流动性、保水性及砂浆的 12 h 抗压强度及 14 d 干缩变形的影响。

[关键词] 橡胶粉; 粉煤灰; 矿渣; 掺量

[中图分类号] TU501

[文献标识码] A

废旧轮胎里面不含植被生长所需的养分, 乱丢后如果覆盖到植物上面, 会造成植物大面积死亡, 而且废旧轮胎中的有毒有害物质也会极大地影响人类健康, 且橡胶在自然状态下很难被降解<sup>[1]</sup>。近年来橡胶粉砂浆的快速发展为废旧轮胎的处理提供了一种有效的手段<sup>[2]</sup>, 橡胶粉砂浆相较于普通砂浆在韧性、抗裂性、抗冻性、耐久性、保水性等方面具有突出的优势<sup>[3-5]</sup>, 但是流动性和抗压强度出现了减弱。马昆林等<sup>[6]</sup>经过研究将粉煤灰加入到混凝土里面, 可以增加混凝土的流动性, 山宏宇等<sup>[7]</sup>经过研究将矿渣粉加入到水泥砂浆中, 可以提高水泥砂浆的强度。因此, 把改性水泥砂浆中橡胶粉含量、粉煤灰含量以及矿渣的含量作为三个有差别的因素, 以砂浆的流动性、保水性、12 h 抗压强度及 14 d 干缩变形为试验目标, 研究橡胶粉掺量、粉煤灰掺量以及矿渣的掺量对砂浆拌合物流动性、保水性及砂浆的 12 h 抗压强度及 14 d 干缩变形的影响。

## 1 实验

### 1.1 试验材料选择

1) 水泥: 水泥采用安徽铜陵海螺水泥有限公司生产的 P·O 42.5 级普通硅酸盐水泥, 化学成分如表 1 所示。

2) 天然砂: 天然砂所使用的是武汉鼎固联合建材有限公司生产的, 密度: 2650 kg/m<sup>3</sup>。

表 1 普通硅酸盐水泥的化学成分

化学成分	质量分数/%	化学成分	质量分数/%
CaO	59.27	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.37
Si O <sub>2</sub>	22.35	MgO	3.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.28	S O <sub>3</sub>	2.57

3) 橡胶粉: 所使用的 40 目橡胶粉是由上海某橡胶及塑料制品公司, 密度: 1060 kg/m<sup>3</sup>, 化学成分如表 2 所示。

表 2 所用橡胶粉的化学组成

化学成分	质量分数/%	化学成分	质量分数/%
丙酮油提取物	13.2	纤维含量	0.6
橡胶烃	51.6	金属含量	0.05
炭黑	30.75	硫磺	1.5
灰分	2.3		

4) 粉煤灰: 所使用的 II 级粉煤灰由灵寿县兰祥矿产品加工厂生产; 密度: 2780 kg/m<sup>3</sup>, 比表面积: 400 m<sup>2</sup>/kg; 化学成分如表 3 所示。

表 3 粉煤灰的化学成分

化学成分	质量分数/%	化学成分	质量分数/%
Si O <sub>2</sub>	52.15	CaO	3.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.08	MgO	1.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.68		

5) 矿渣: 所用的矿渣粉由合肥航成建材有限公司生产; 密度: 2885 kg/m<sup>3</sup>, 比表面积: 405 m<sup>2</sup>/kg; 化学含量如表 4 所示。

[收稿日期] 2019—05—20

[基金项目] 武汉市城建委科技计划项目(201805)

[第一作者] 陈金龙(1993—), 男, 安徽阜阳人, 湖北工业大学硕士研究生, 研究方向为道路工程

表 4 矿渣粉的化学成分

化学成分	质量分数/%	化学成分	质量分数/%
Si O <sub>2</sub>	32.86	CaO	37.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.67	MgO	8.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.24		

6)减水剂:所使用的减水剂是由河南永佳化工产品有限公司生产。

7)水:纯净水。

1.2 试验设计

本试验利用三因素三水平 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) 正交实验表来进行研究,把橡胶粉含量、粉煤灰含量以及矿渣的含量作为三个因素,以砂浆拌合物的稠度、保水性、砂浆的 12 h 抗压强度及 14 d 干燥收缩为研究目标以确定各因素对水泥砂浆各种特性的影响。

2 试验结果分析

2.1 砂浆拌合物的稠度

稠度和流动性具有相关性,且成正相关<sup>[8]</sup>,试验结果如表 5 和各因素对稠度影响的趋势如图 1 所示。

表 5 试验结果

试验数	列数			稠度/cm
	橡胶粉/%	粉煤灰/%	矿渣/%	
1	1	1	1	13.45
2	1	2	2	13.52
3	1	3	3	15.30
4	2	1	2	12.31
5	2	2	3	14.68
6	2	3	1	13.93
7	3	1	3	12.89
8	3	2	1	12.92
9	3	3	2	13.57
$\bar{T}_1$	14.09	12.88	13.43	
$\bar{T}_2$	13.64	13.71	13.13	
$\bar{T}_3$	13.13	14.27	14.29	
R	0.96	1.39	1.16	

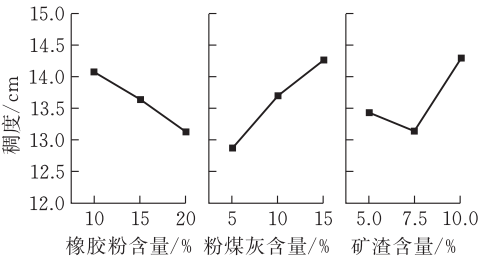


图 1 各因素对稠度影响

表 5 中 R 这一行表示  $\bar{T}_1$ ,  $\bar{T}_2$  和  $\bar{T}_3$  所在列的极差。通过对比可以知道粉煤灰对砂浆稠度的影响程度最显著,橡胶粉含量对砂浆稠度的影响最小,矿渣对砂浆稠度的影响介于两者之间。

从图 1 中可见,随着橡胶粉含量的增加,砂浆稠度值变小,砂浆的流动性变差。随着粉煤灰含量的增加,所对应的砂浆稠度曲线向上,砂浆流动性变好,矿渣含量对稠度也有一定的影响,所对应的稠度曲线先随矿渣掺量的增加下降然后上升,当矿渣含量达到某一特定值 13.13% 时,稠度值反而随矿渣的产量增加而增加。由趋势图可以看出当橡胶粉含量为 10% 时,粉煤灰含量为 15% 时,矿渣含量为 10% 时为本组试验的最优配比。

2.2 参加改性橡胶粉的砂浆拌和物的 12 h 抗压强度

本实验用砂浆拌合物的 12 h 抗压强度来表示砂浆拌合物的早期强度,砂浆拌和物 12 h 抗压强度<sup>[9]</sup>试验结果如表 6 所示和各因素对砂浆拌和物 12 h 抗压强度的影响趋势如图 2 所示。

表 6 试验结果

试验数	列数			抗压强度/MPa
	橡胶粉/%	粉煤灰/%	矿渣/%	
1	1	1	1	5.66
2	1	2	2	5.34
3	1	3	3	4.97
4	2	1	2	4.56
5	2	2	3	4.63
6	2	3	1	4.38
7	3	1	3	3.83
8	3	2	1	3.77
9	3	3	2	3.69
$\bar{T}_1$	5.323	4.683	4.603	
$\bar{T}_2$	4.523	4.580	4.530	
$\bar{T}_3$	3.763	4.347	4.477	
R	1.56	0.336	0.126	

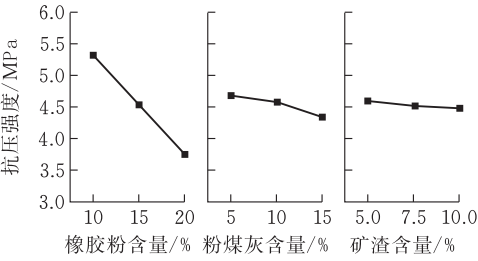


图 2 各因素对砂浆拌和物 12 h 抗压强度的影响趋势

从表 6 中通过对比三者的极差我们可以知道橡胶粉含量对砂浆该种性能的影响最大,矿渣含量对砂浆该种的影响最小,粉煤灰对砂浆该种性能的影响介于橡胶粉和和矿渣之间。

从图 2 中我们也可以看出随着橡胶粉含量的增加,砂浆 12 h 抗压强度所对应的曲线向下且斜率绝对值较大,说明橡胶粉对砂浆该种性能影响最大,随着粉煤灰的增加,所对应的曲线向下且倾斜程度小于橡胶粉,表明粉煤灰含量对砂浆的影响没有橡胶

粉那么大,矿渣含量对砂浆该种性能也有一定的影响。由趋势图可以看出当橡胶粉含量为 10%时,粉煤灰含量为 5%时,矿渣含量为 5%时为本组试验的最优配比。

2.3 砂浆拌和物的保水性

保水性是指砂浆是保全水分的能力。保水性越好,砂浆在涂抹过程中水分越不容易被吸去。砂浆拌和物保水性的试验结果如表 7 所示,各因素对砂浆拌和物保水性的影响趋势如图 3 所示。

表 7 试验结果

试验数	列数			保水性/%
	橡胶粉/%	粉煤灰/%	矿渣/%	
1	1	1	1	88.57
2	1	2	2	93.97
3	1	3	3	95.63
4	2	1	2	92.37
5	2	2	3	97.02
6	2	3	1	94.96
7	3	1	3	95.45
8	3	2	1	96.35
9	3	3	2	97.79
$\bar{T}_1$	92.72	92.13	93.29	
$\bar{T}_2$	94.78	95.78	94.71	
$\bar{T}_3$	96.53	96.13	96.03	
R	3.81	4	2.74	

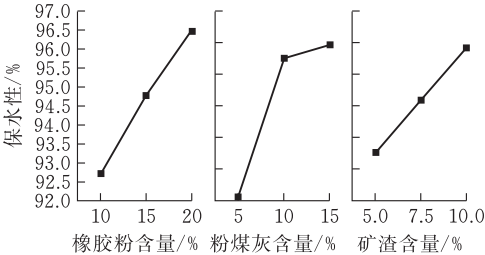


图 3 各因素对砂浆拌和物保水性的影响趋势

从表 7 中可以看出粉煤灰含量的极差大于橡胶粉含量的极差,橡胶粉的极差又大于矿渣的,这表明粉煤灰含量对砂浆保水性影响程度大于橡胶粉含量的,橡胶粉含量对砂浆保水性影响程度又大于矿渣的。

从图 3 中可以看出随着橡胶粉含量的增加砂浆保水性曲线向上,随着粉煤灰的增加砂浆保水性曲线向上,且幅度略大于添加橡胶粉的,矿渣含量对应的曲线也向上,但幅度不大小于橡胶粉和粉煤灰的。由趋势图可以看出当橡胶粉含量为 20%时,粉煤灰含量为 15%时,矿渣含量为 10%时为本组试验的最优配比。

2.4 砂浆 14 d 干燥收缩

砂浆拌合物的干燥收缩试验结果如表 8 和 各因素对砂浆拌和物干燥收缩的影响趋势如图 4 所示。

表 8 试验结果

试验数	列数			干缩值/ $\times 10^{-3}$
	橡胶粉/%	粉煤灰/%	矿渣/%	
1	1	1	1	0.34757
2	1	2	2	0.35482
3	1	3	3	0.34687
4	2	1	2	0.32767
5	2	2	3	0.33397
6	2	3	1	0.28943
7	3	1	3	0.28888
8	3	2	1	0.27020
9	3	3	2	0.25684
$\bar{T}_1$	0.34976	0.32137	0.30240	
$\bar{T}_2$	0.31702	0.31966	0.31311	
$\bar{T}_3$	0.27197	0.29771	0.32324	
R	0.07779	0.02366	0.02048	

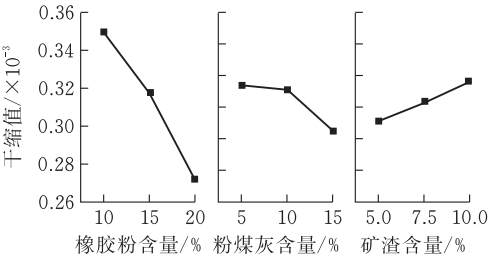


图 4 各因素对砂浆拌和物干燥收缩的影响趋势

表 8 中通过极差的对比可以知道,橡胶粉含量对砂浆保水性影响最显著,矿渣含量对砂浆保水性的影响程度不显著,橡胶粉对砂浆保水性有一定的影响,但影响程度不大。

从图 4 中可以看出,随着橡胶粉含量的增加砂浆拌和物 14 d 干燥收缩曲线向下,且幅度较大,随着粉煤灰的增加砂浆拌和物 14 d 干燥收缩曲线也向下,但幅度小于添加橡胶粉,随着矿渣含量增加砂浆拌和物 14 d 干燥收缩虽然逐渐增加,但增加幅度不大。由趋势图可以看出当橡胶粉含量为 20%时,粉煤灰含量为 15%时,矿渣含量为 10%时为本组试验的最优配比。

3 结论

1)粉煤灰、橡胶粉和矿渣三者之间粉煤灰含量对砂浆稠度的影响程度最大,橡胶粉含量对砂浆稠度的影响最小,矿渣对砂浆稠度的影响介于两者之间。

2)橡胶粉含量对砂浆 12 h 抗压强度的影响最大,矿渣含量对砂浆该种性能的影响最小,粉煤灰对砂浆该种性能的影响介于橡胶粉和矿渣之间。

3)粉煤灰含量对砂浆保水性影响程度最大,矿渣含量对砂浆保水性的影响最小,橡胶粉对砂浆保水性的影响介于两者之间。

4)橡胶粉含量对砂浆保水性影响程度最大,矿渣含量对砂浆保水性的影响程度不显著,橡胶粉对砂浆保水性有一定的影响,但影响程度不大。

[参 考 文 献]

[1] 韦华,陈迅捷,魏治文,等.橡胶粉掺量与粒径对砂浆耐久性和抗裂性的影响[J]. 混凝土,2015(10):131-131.  
[2] 刘伟,王宝民.废旧橡胶资源化利用途径//第六届国际绿色建筑与建筑节能大会论文集[C],2010:362-364.  
[3] 季卫娟,袁群,李会霞,等.改性橡胶水泥砂浆强度的试验研究[J].南水北调与水利科技,2014,12(4):98-100.  
[4] 杨若冲,谈至明,朱吉鹏,等.改性橡胶砂浆的物理力学

性能[J].公路交通科技,2012,29(7):16-19.  
[5] 姜丽,薛刚,董素芬,等.废旧橡胶颗粒改性对水泥砂浆性能的影响研究[J]. 内蒙古科技大学学报,2013,32(1):85-87.  
[6] 马昆林,谢友均,刘运华.粉煤灰对混凝土孔隙率及强度的影响[J].粉煤灰综合利用,2007(5):4-5.  
[7] 山宏宇,经冠举,叶青,等.矿物掺合料对干粉砂浆性能影响的研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2013,37(2):413-414.  
[8] 宋星宇,姚勇,褚云朋,等.油菜秸秆和粉煤灰对砂浆性能影响因素分析[J].混凝土与水泥制品,2018(5):48-52.  
[9] 李艳春,高坤,张银超.橡胶粉砂浆作为板底脱空灌浆材料的试验研究[J].混凝土,2015(12):118-119.

Effect of Modified Rubber Powder Content  
on Performance of Cement Mortar

CHEN Jinlong<sup>1</sup>, HU Chunhua<sup>1</sup>, HUANG Hongzhang<sup>2</sup>, SHI Shuangshuang<sup>2</sup>  
(1 School of Civil Engin.,Architecture and Environment,Hubei Univ. of Tech.,Wuhan 430068,China;  
2 Shanghai Thousand Year Urban Planning and Engineering  
Design Co.,Ltd. Hubei Branch Wuhan 430068, China)

**Abstract:** The cement mortar mixed with rubber powder, fly ash and slag is widely used in project construction, but the proportion of their content will lead to different performance of the cement mortar. With the amount of rubber powder, flyash, and slag as the three factors, following the range analysis method, the orthogonal test of L9 (34) was designed based on the fluidity, water retention, 12h compressive strength of mortar and 56d dry shrinkage deformation. The chart analysis method is used to process the data separately, and then the differences between the two methods are compared. The effects of the proportion of the three factors on the fluidity, water retention and mortar 12h compressive strength of the mortar mixture and 56d dry are analyzed.  
**Keywords:** rubber powder; flyash; slag; content

[责任编辑:裴 琴]