

橡胶粉改性蒸压粉煤灰试块力学及抗冲击性能实验研究

钟栋青¹, 祁连杰², 蔡树元¹, 王路明¹, 蒋 蕾¹

(1. 盐城工学院 材料工程学院, 江苏 盐城 224051;
2. 江苏省千和建设工程有限公司, 江苏 盐城 224002)

摘要:通过蒸压橡胶粉-粉煤灰试块力学和抗冲击性能实验,探究试块的橡胶粉掺量、吸水率与其力学性能及抗冲击性能的变化关系。实验结果表明:随着橡胶粉掺量的增加,试块的抗折强度和抗冲击性均呈现先增后减的趋势;抗压强度呈现递减趋势;冲击性能随着吸水率的增加,呈现出先增后减的趋势。

关键词:蒸压;橡胶粉;粉煤灰;力学性能;抗冲击

中图分类号:TU502 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2016)03-0018-05

目前,国内外学者对橡胶混凝土的力学、抗冲击性能等方面有较为深入的研究^[1-5]。国外,法国庇卡底大学 Benazzouk 等^[6]对橡胶混凝土进行力学性能实验,结果表明:带锯齿状和弹性系数大的橡胶颗粒可提高混凝土的抗折强度,橡胶颗粒掺量在 15%~35% 时,抗折强度有不同程度的提高(橡胶颗粒掺量大于 10% 时,试件中脆性破坏转变为延性破坏)。Topcu 等^[7]将粗橡胶颗粒和细橡胶粉粒掺入混凝土进行抗冲击韧性实验,结果显示掺入粗橡胶颗粒的混凝土抗冲击性要比掺入细橡胶颗粒的混凝土抗冲击性好。国内,同济大学熊杰等^[8]用橡胶粉取代混凝土中部分粗骨料制成橡胶混凝土,发现随着橡胶掺量的增加,橡胶混凝土的密度和抗压强度均降低,而且橡胶粉的种类对橡胶混凝土抗压强度影响也比较大,但并不是颗粒越大,强度降低越多。赵志远等^[9]采用落锤法研究橡胶混凝土的抗冲击性能,结果显示,用橡胶颗粒取代一定体积的砂后,混凝土的抗压强度降低了,但抗冲击性能却得到了提高。上

述研究表明,橡胶粉改性混凝土在保证力学性能下降不大的情况下,能够有效改善混凝土的脆性性能。

本文将橡胶粉掺入水泥、粉煤灰、石膏、石灰材料混合物中,通过蒸压养护的方式,形成试块,研究橡胶粉掺量、细度对蒸压粉煤灰试块的力学性能和抗冲击性能的影响,分析其规律,并通过微观分析,解释其机理。

1 实验原材料与方法

1.1 实验原材料

实验主要材料为水泥、粉煤灰、石灰、石膏、橡胶粉。水泥来源于江苏八菱海螺水泥有限公司,强度等级 P. O 42. 5,各项性能均符合《通用硅酸盐水泥》(GB175—2007)^[10]标准;粉煤灰和石膏由江苏省盐城发电厂提供,粉煤灰为二级灰,密度 2. 27 g/cm³;橡胶粉由青岛惠商橡胶有限公司提供,检测参数见表 1(符合国标 GB/T 19208—2008)。几种原材料化学成分如表 2 所示。

收稿日期:2016-04-21

基金项目:住房和城乡建设部科学技术项目(2014-K4-038);江苏省产学研项目(BY2014108-25);江苏省住房城乡建设厅项目(2014ZD79)

作者简介:钟栋青(1981—),男,江苏盐城人,副教授,博士生,主要研究方向为墙体材料开发。

表 1 橡胶粉的基本参数
Table 1 The basic parameters of rubber powder

细度/目	筛余物/%	加热减量/%	灰分/%	拉伸强度/ MPa	扯断 伸长率/%	堆积密度/ (g·cm ⁻³)	密度/ (g·cm ⁻³)
30	5	0.58	6	15.5	521	0.38	1.14
80	8	0.65	6.6	17.6	558	0.37	1.13

表 2 原材料化学成分含量
Table 2 Raw material chemical composition content

成分含量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	有效 CaO	烧失量	附着水分	酸不溶物	SO ₃
水泥	22.51	9.23	2.14	62.12	—	2.43	0.13	—	—
粉煤灰	48.91	30.19	2.93	3.58	—	3.03	—	—	—
石灰	—	—	—	69.39	78.67	17.5	—	—	—

2.2 实验方法

1.2.1 配合比

本实验基准材料(不掺橡胶粉)的配合比如

下^[11]:钙质材料(m_c+m_l): $m_{总}=1:4$, $m_c:m_l=3:1$, $m_g:m_{总}=3:200$,在此基础上,橡胶粉以体积20%的幅度替代粉煤灰的体积,具体配比见表3。

表 3 实验配方
Table 3 Experiment formula

V_r /%	m_c /g	m_l /g	m_g /g	m_f /g	m_r /g	$m_{总}$ /g	m_w /g
0	220	73	18	861	0	1172	357
20	220	73	18	689	86	1086	330
40	220	73	18	517	172	1000	304
60	220	73	18	345	258	914	278

注: m_c 、 m_l 、 m_g 、 m_f 、 m_r 、 $m_{总}$ 、 m_w 分别表示水泥、石灰、石膏、粉煤灰、橡胶粉、总干料量、用水量; V_r 表示橡胶粉的体积含量。

1.2.2 养护方式

试块成型后在温度为(20±2)℃、湿度为95%的养护箱中自然养护24h,脱模后蒸压养护(压强0.8~1.2MPa、温度180℃、时间8~10h),出釜后在常温下再静置72h后进行实验。

1.2.3 测试方法

制作40mm×40mm×160mm的水泥胶砂试块,其成型过程、力学性能实验均按照《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671—1999)^[12]的标准进行;制作20mm×20mm×80mm试块进行抗冲击实验,抗冲击实验参考《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》(GB/T 229—2007)^[13]的标准进行。

2 实验结果分析

2.1 干密度与掺量的变化关系

试块密度的大小是由组成试块的各个成分的密度及其含量决定的。橡胶粉的密度约为粉煤灰

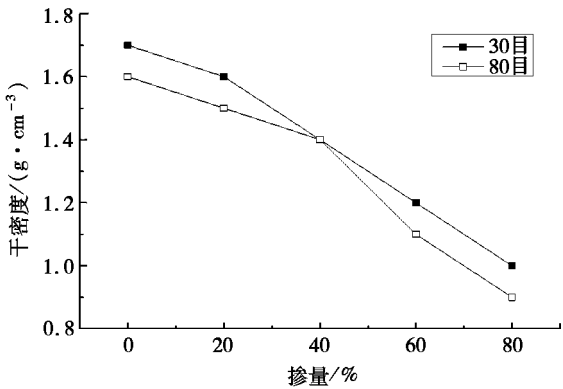


图 1 密度随掺量的变化关系
Fig. 1 The changes of density with the content

的一半,为1.13g/cm³左右,因此,随着同体积橡胶粉掺量的增加,试块的干密度呈现递减趋势,如图1所示。

2.2 细度、掺量与强度的变化关系

图2~图3反映蒸压橡胶粉-粉煤灰试块的抗折强度、抗压强度随橡胶粉掺量的变化关系。

由图 2 可以看出,随着橡胶粉掺量的增加,试块抗折强度呈现先上升后下降的趋势。当橡胶粉的体积掺量在 40% 左右时,试块抗折强度最大;当橡胶粉掺量小于 40% 时,橡胶粉良好的延展性和韧度弥补了试块本身的硬度大、脆性大的缺陷,使材料在受力折断时存在一个缓冲,提高了材料的抗折强度;当橡胶粉掺量大于 40% 后,胶粉 - 水泥石之间的粘结性降低,导致试块的强度降低,抗折性能下降。

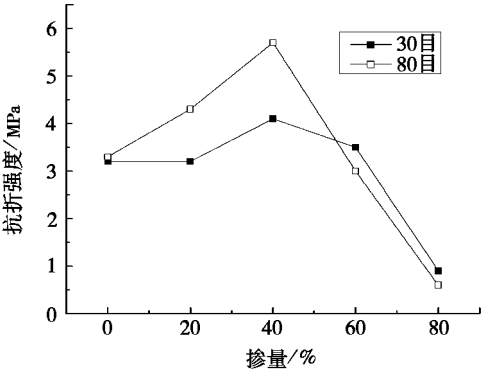


图 2 蒸压橡胶粉 - 粉煤灰试块抗折强度
Fig. 2 Autoclaved rubber powder and fly ash block flexural strength

由图 3 可以看出,随着橡胶粉掺量的增加,试块抗压强度呈现单调递减的趋势,这是由于橡胶集料低弹模特性使其不能有效承受荷载作用。因此在混凝土中掺入橡胶集料后,混凝土抵抗外部荷载的有效横截面积随橡胶集料体积分数的增加而降低^[14]。另外,橡胶粉细度对试块的抗压强度影响不大,掺 80 目橡胶粉试块的抗压强度略小于掺 30 目橡胶粉试块。

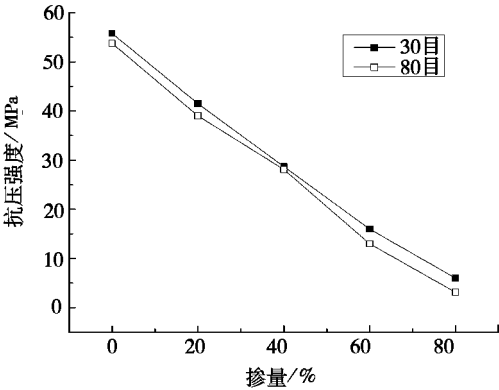


图 3 蒸压橡胶粉 - 粉煤灰试块抗压强度
Fig. 3 Autoclaved rubber powder and fly ash block compressive strength

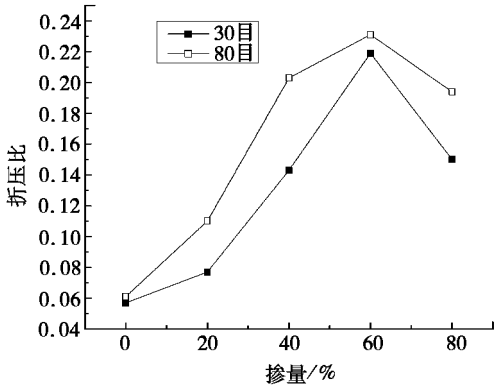


图 4 折压比 - 橡胶粉掺量的关系
Fig. 4 The relation between bend-pressure ratio and rubber powder content

2.3 折压比与掺量的变化关系

折压比是反应试块韧性和脆性的物理量,折压比越大,说明试块的韧性越好、脆性越差。图 4 为试块折压比与橡胶粉掺量的关系图。从图 4 可以看出,掺 30 目和 80 目橡胶粉对试块折压比的影响趋势基本相同,均随橡胶粉掺量的增加折压比呈现出先上升后下降的趋势;当橡胶粉体积掺量达 60% 左右时,折压比最大,因此,橡胶粉的掺入,一定程度上改善了试块的韧性。

2.4 掺量、吸水率与韧性的变化关系

由于试块的 30 目和 80 目橡胶粉掺量、吸水率与韧性的变化基本一致,现以 30 目橡胶粉掺量进行说明。图 5 表示不同浸泡时间试块抗冲击韧性与橡胶粉掺量的变化关系,图 6 表示不同橡胶粉掺量试块抗冲击性能与吸水率之间的关系。

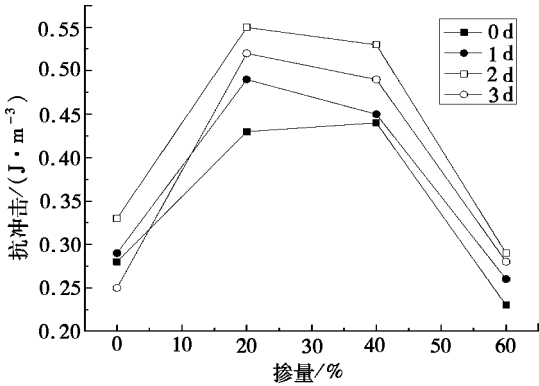


图 5 抗冲击韧性 - 橡胶粉掺量的关系
Fig. 5 The relation between impact toughness and rubber powder content

由图 5 可以看出:(1)试块抗冲击性能随橡胶粉掺量的增加均呈现先上升后下降的趋势,这是由于胶粉粒作为弹性体在水泥的胶结作用下,

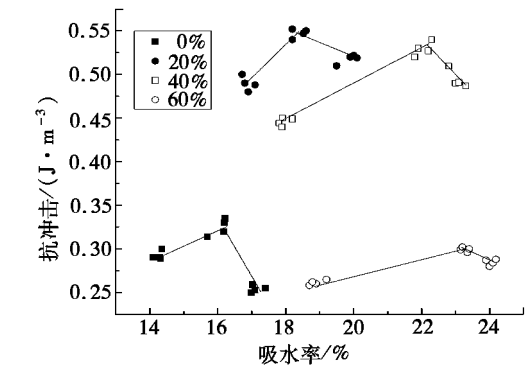


图 6 抗冲击韧性 - 吸水率的关系

Fig. 6 The relation between impact toughness and water absorption

与混凝土内的孔隙壁粘结成具有一定强度的结构,在混凝土受力时能负担并缓冲一部分应力,既能够阻止微裂缝的产生和发展又能够吸收应变能,从而明显改善混凝土的抗冲击性能;(2)在浸泡 3 d 以内,随着吸水率的增加,抗冲击性能呈现递增趋势,但从图 6 可以看出,随着吸水率的继续增加,抗冲击性能又出现拐头下降的趋势,由此可以推断每个掺量都存在一个最佳吸水率所对应的最佳抗冲击性能。

3 SEM 微观分析

以掺入 30 目橡胶粉为例,图 7 是试验后各橡胶粉掺量的试块剖面 SEM 图。由图 7 可以看出,橡胶粉颗粒表面附着一定量的 CSH 凝胶,橡胶粉掺量为 20% 时,粉煤灰掺量较多,与橡胶颗粒间有拉丝状凝胶,此时颗粒间具有一定的结合力,有利于材料的强度发展;当掺量为 40% 时,由于粉煤灰量减少,材料内部水化次于前者,橡胶颗粒与水泥石之间的连结缝隙较空旷,分离较明显;而当胶粉掺量增加到 60% 时,其情况类似于 40%,除了水化产物明显减少以外,缝隙间基本没有足够的凝胶作为连结中介,导致强度继续下降。

4 总结

(1)随着橡胶粉掺量的增加,蒸压橡胶粉 - 粉煤灰试块干密度呈现递减趋势;抗折强度呈现

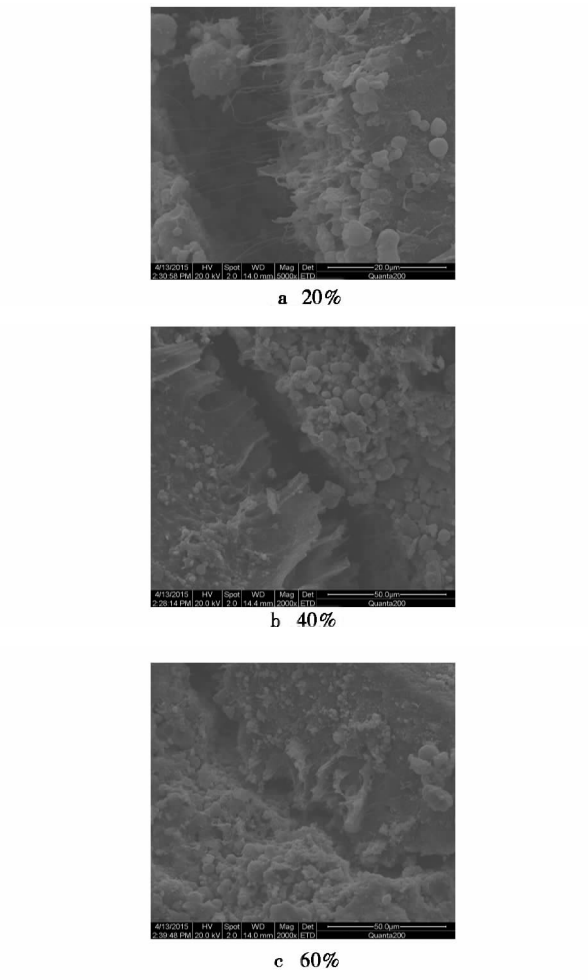


图 7 SEM 图

Fig. 7 SEM graph

先上升后下降的趋势,当橡胶粉的体积掺量在 40% 左右时,其抗折强度最大;抗压强度呈现单调递减的趋势。

(2)橡胶粉细度对试块的抗折强度影响不大,对试块折压比的影响趋势也基本相同,均随橡胶粉掺量的增加呈现出先上升后下降的趋势;掺 80 目橡胶粉试块的抗压强度略小于掺 30 目橡胶粉试块。

(3)试块抗冲击性能随橡胶粉掺量的增加均呈现先上升后下降的趋势;对于每个橡胶粉掺量而言,均存在一个最佳吸水率所对应的最佳抗冲击性能。

参考文献:

[1] 邓宗才,刘希成. 路用橡胶混凝土的研究现状分析与展望[J]. 国防交通工程与技术,2010,8(6):1-5.
[2] 孙小兵. 废旧轮胎橡胶改性混凝土的材料性能研究[D]. 郑州:郑州大学,2006.
[3] 李赞成,许金余,罗鑫,等. 橡胶混凝土的基本力学特性的试验研究[J]. 硅酸盐通报,2013,32(12):2 589-2 594.

[4] 亢景付,范昆. 橡胶混凝土抗冲磨性能[J]. 天津大学学报,2011,44(8):727-731.

[5] KHALOO A R, DEHESTANI M, RAHMATABADI P. Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire-rubber particles[J]. Waste Management, 2008(12):2 472-2 482.

[6] BENAZZOUK A, QUENEUEDEC M. Durability of cement-rubber composites under freeze thaw cycles[C]. Proceedings of the International Conference on Sustainable Concrete of Dundee, Scotland UK on 9-11 September 2002,2002;355-362.

[7] TOPCU I B, AVCULAR N. Collision behaviors of rubberized concrete[J]. Cement & Concrete Research, 1997,27(12): 1 893-1 898.

[8] 熊杰,郑磊,袁勇. 废橡胶混凝土抗压强度试验研究[J]. 混凝土,2004(12):40-42.

[9] 赵志远,毕乾,王立燕,等. 废橡胶颗粒改性水泥基材料的塑性开裂和抗冲击性能[J]. 混凝土与水泥制品,2008(4): 1-5.

[10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 通用硅酸盐水泥:GB 175—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

[11] 蒋蕾,钟栋青,王路明,等. 蒸压粉煤灰-橡胶粉砌块的配比研究[J]. 硅酸盐通报,2016,35(1):322-327.

[12] 国家质量技术监督局,水泥胶砂强度检验方法(ISO 法):GB/T 17671—1999[S]. 北京:中国标准出版社,1999.

[13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 金属材料夏比摆锤冲击试验方法:GB/T 229—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

[14] 龙广成,马昆林,XIE Xu,等. 橡胶集料对混凝土抗压强度的降低效应[J]. 建筑材料学报,2013,16(5):758-762.

Mechanics and Shock Resistance Experiment Study on Rubber Powder Modified Autoclaved Fly Ash Test Block

ZHONG Dongqing¹, QI Lianjie², CAI Shuyuan¹, WANG Luming¹, JIANG Lei¹

(1. College of Material Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;)
(2. Jiangsu Province Qian He Construction Engineering Co., LTD, Yancheng Jiangsu 224002, China)

Abstract:Through the autoclaved rubber powder and fly ash block mechanical and shock resistance experiment, Explore block rubber powder content, water absorption and mechanical properties and impact resistance changes in the relationship. The experiment results show that test block the flexural strength and impact resistance showed a trend of increase after decreases, the compressive strength showed a trend of decline with the increase of dosage of rubber powder. With the increase of water absorption, impact resistance showed the trend of increase after decreases.

Keywords:Autoclaved; Rubber Powder; Fly Ash; Mechanical Properties; Shock Resistance

(责任编辑:张英健)