

# 废瓷砖再生砌筑砂浆性能试验研究

聂忆华,刘新海,彭宇,李祥坤,杨晓林

(湖南科技大学 土木工程学院,湖南 湘潭 411201)

**摘要:**将废瓷砖破碎成细集料,代替部分普通砂配制成废瓷砖再生砂,固定水泥、砂的用量比例与稠度制作砂浆试件,进行不同废瓷砖砂掺配率、不同养护时间下的强度试验和耐久性试验.试验结果表明:在同等条件下,掺配废瓷砖砂的再生砂浆较普通砂浆强度等级可提高1~2个级别,抗冻性能提高1倍以上;潜在的碱-硅酸反应危害小得多;且随着废瓷砖砂掺配率越高,砂浆抗压强度、抗折强度越高,后期抗冻性能越好,潜在的碱-硅酸反应越小.但普通砂浆后期具有收缩开裂的趋势,废瓷砖砂砂浆后期具有膨胀的趋势.

**关键词:** 废瓷砖砂;砂浆;强度;耐久性;试验

**中图分类号:** TU528

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-9102(2015)01-0067-05

## Performance study of recycled masonry mortar produced with reclaimed ceramic tiles

Nie Yihua, Liu Xinhai, Peng Yu, Li Xiangkun, Yang Xiaolin

(Civil Engineering College, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** Waste ceramic tiles were broken into sandy gravel to configure reclaimed sand instead of part of normal sand. Strength tests and durability tests of mortar samples were carried out under different substitution rates of ceramic tile wastes sand in different curing time, which the ratio of cement and the consistency of mixture were fixed. The research results indicate that strength grade of masonry mortar recycled by ceramic tile wastes under different substitution rates can be improved 1~2 grades than common mortar, and the anti-frost property is improved by twice for the recycled mortar, and potential alkali silica reaction danger for recycled mortar is much smaller than that for common mortar. With the substitution rate of ceramic tile wastes sand increases, the strength increases, and anti-frost property increases at later period. At later stage, the common mortar has a tendency to arise shrinkage crack, while the recycled mortar has a tendency to arise swell crack.

**Keywords:** reclaimed ceramic tile sand; masonry mortar; strength; durability; tests

我国是陶瓷大国,在陶瓷生产、运输、储存时,建筑物的装修与拆除过程中均会产生大量的陶瓷废料,目前只有少量的进行了回收利用,大多数采用简单填埋方式处理,既占用土地又污染环境,不符合我国资源节约型、环境友好型的社会发展理念.针对现存的问题,国内学者开始研究陶瓷废料的再生利用问题,研究废陶瓷化学组成发现陶瓷具有较强的火山灰活性<sup>[1-2]</sup>,于是有些学者将废陶瓷粉加入水泥中研究陶瓷水泥性能<sup>[3]</sup>,有些学者将废陶瓷破碎成粗骨料加入到水泥混凝土中配制再生陶瓷混凝土<sup>[4-5]</sup>,也有将废陶瓷进一步破碎成细集料加入到砂浆中配制再生陶瓷砂浆<sup>[5-9]</sup>,目前国内学者的研究还是初步探索阶段,各

收稿日期:2013-12-10

基金项目:湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(201310534003);湖南科技大学大学生科研创新计划(SRIP)重点项目(SZZ2013003);湖南省交通厅科技计划项目(21104)

通信作者:聂忆华(1979-),女,湖北汉川人,博士,副教授,主要从事路面结构与材料研究. E-mail:nieyihua@sohu.com

方面的研究工作均开展较少. 本文主要针对废陶瓷中的废瓷砖开展再生利用研究, 通过制备废瓷砖砂浆, 用于砌筑土木工程砌体构件, 可有效处理废瓷砖的环境污染问题.

## 1 试验材料

水泥: 采用湘潭市湘乡棋梓桥水泥有限公司生产的 P. O 32.5“晶山牌”普通硅酸盐水泥, 水泥的物理力学性能检测结果见表 1.

表 1 水泥的物理力学性能

安定性	比表面积 /( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	凝结时间/min		抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
		初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
合格	382	140	220	15.0	35.2	3.5	6.0

砂: 采用一种湘潭细砂和废瓷砖再生细粗砂掺配成 5 种不同砂做对比试验. 其中废瓷砖再生砂, 用废瓷砖地板和废瓷砖墙面板经清洗、晒干后由颚式破碎机破碎, 经碾磨后为 0.15 ~ 4.75 mm 的细骨料颗粒(见图 1 所示). 废瓷砖再生混合砂, 采用等质量法, 分别用 25%、50%、75% 的废瓷砖砂替代湘潭细砂拌合成型为砂浆, 进行强度试验. 混合拌匀而成不同砂的筛分析试验结果见表 2, 其中掺配比例为 0% 指全部用普通砂成型砂浆; 掺配比例 100% 指全部用废瓷砖砂成型砂浆.

表 2 砂的筛分析试验结果

废瓷砖砂掺 配比率/%	不同筛孔尺寸下累计筛余百分率/%						细度 模数	级配类型
	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm		
0	0.1	7.2	12.3	19.9	49.2	99.2	1.9	细砂
25	0.1	12.5	19.6	29.6	57.0	96.9	2.2	粗细砂
50	0.2	17.8	26.9	39.3	65.0	94.3	2.4	细中砂
75	0.3	23.7	34.9	49.7	73.2	92.1	2.7	中砂
100	0.4	28.4	41.5	58.8	80.4	88.9	3.0	细粗砂

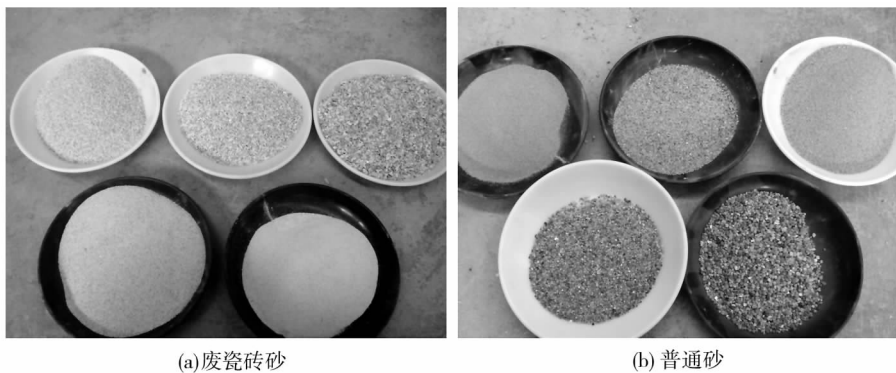


图 1 废瓷砖砂与普通砂对比图

## 2 试验方法

设计 5 种不同粗细程度(见表 2 所示)的砂进行砂浆试验, 其中废瓷砖砂等质量取代普通砂的比率分别为 0%、25%、50%、75%、100%, 通过试验调节用水量, 控制砂浆稠度在 70 ~ 80 mm 内, 然后制作砂浆试件.

抗压强度试验、抗折强度、抗冻试验、收缩试验等依据《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T70 - 2009<sup>[10]</sup>中的操作规程进行测试. 碱集料反应试验依据《建筑用卵石、碎石》GB/T14685 - 2011<sup>[11]</sup>中的操作规程进行测试. 相关试验测试说明如下.

1) 抗压强度试验采用试件尺寸为  $70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm}$ , 抗折强度试验采用试件尺寸为  $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ , 试件制作后在室温为  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  的环境下静置  $(24 \pm 2)\text{ h}$  后, 拆模放入温度为  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度为 95% 以上的标准养护室中养护, 测试砂浆养护 28 d 的抗压强度、抗折强度。

2) 砂浆冻融试块与抗压试块相同, 在标准条件下养护 28 d 后进行冻融试验, 冻结温度控制在  $-15 \sim -20^\circ\text{C}$ , 每次冷冻时间为 4 h, 冻后立即放入  $15 \sim 20^\circ\text{C}$  的水槽中进行溶化, 在水中溶化的时间不小于 4 h, 溶化完毕计为一次冻融循环, 每五次循环进行一次外观检查, 并记录试件的破坏情况。当该组试件 3 块中有 2 块出现明显破坏(分层、裂开、贯通缝)时, 则该组试件的抗冻性能试验应终止, 测试试件残余抗压强度, 再计算抗压强度损失率。

3) 收缩试验采用试件尺寸为  $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 160\text{ mm}$  的棱柱体, 置于  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  的预养室中, 4 h 之后将砂浆表面抹平, 砂浆带模在标准养护条件(温度为  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度为 90% 以上)下养护, 7 d 后拆模编号, 标明测试方向; 测定砂浆试件初始长度后, 置于温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度为  $(60 \pm 5)\%$  的室内养护, 分别测试第 7, 14, 21, 28, 41 d 的长度值, 再计算收缩值。

4) 碱集料反应采用试件尺寸为  $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 280\text{ mm}$  的棱柱体, 养护  $(24 \pm 2)\text{ h}$  后脱模, 立即在  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  的恒温室中测量试件的基准长度, 将试件按要求放入  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$  的养护箱或养护室内, 测长龄期自测定基准长度之日起计算, 分别测试第 7, 14, 2, 30, 50 d 的长度值, 再计算膨胀值。

### 3 试验数据与分析

#### 3.1 抗压强度与抗折强度试验分析

取废瓷砖砂等质量取代普通砂的比率分别为 0%, 25%, 50%, 100% 等 4 种开展抗压强度、抗折强度试验, 试验数据绘制成图 2 所示。

由图 2 可知: 随着废瓷砖砂掺配比率的增加, 砂浆抗压强度呈非线性增加, 增长速度先快后慢, 废瓷砖掺配率达到 100% 时抗压强度达到最大, 当砂浆用砂全为废瓷砖砂时, 其抗压强度约为天然砂的 2 倍(实际计算值抗压强度是 1.9

倍); 随着废瓷砖砂掺配比率的增加, 砂浆抗折强度呈线性增加, 普通砂浆抗折强度为 1.7 MPa, 掺配率为 100% 时砂浆抗折强度达到 3.4 MPa, 为天然砂的 2 倍。试验数据表明, 同一水泥和稠度条件下, 废瓷砖再生砂浆强度等级较普通砂浆强度等级可提高 1~2 个级别。

#### 3.2 冻融循环试验分析

取废瓷砖砂等质量取代普通砂的比率分别为 0%, 50%, 100% 等 3 种开展冻融循环试验, 试验数据绘制成图 3 所示。

由图 3 及试验观测表明:

普通砂浆随着冻融循环次数的增加, 抗压强度损失率呈线性增加, 砂浆表面不再光滑, 且逐渐有颗粒脱落; 在 5 次、10 次、15 次冻融循环后, 抗压强度降低分别为 22.2%, 34.4%, 45.9%, 砂浆表面裂缝较明显。

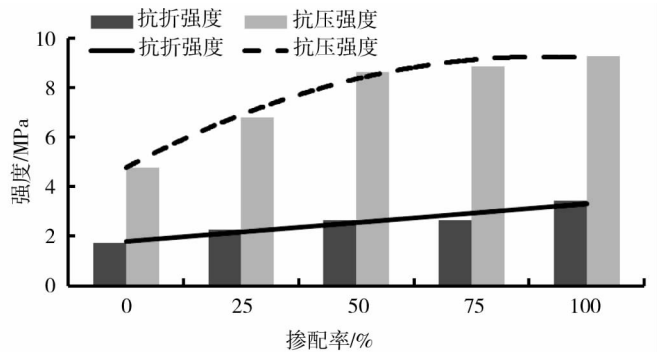


图 2 废瓷砖砂掺配率与 28 d 抗压、抗折强度关系图

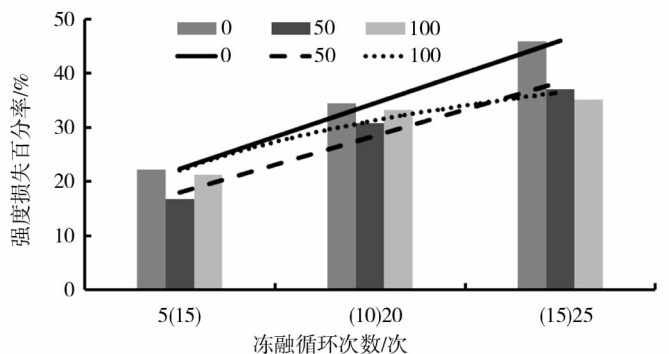


图 3 冻融循环下强度损失关系图

50% 掺量废瓷砖砂浆随着冻融循环次数的增加,抗压强度损失率呈线性增加,砂浆表面光滑度有所下降,表面颗粒脱落较少;在 15 次、20 次、25 次冻融循环后,抗压强度降低分别为 16.7%、30.8%、37.1%,砂浆表面没有出现明显裂缝。

100% 掺量全废瓷砖砂浆随着冻融循环次数的增加,抗压强度损失率呈非线性增加,砂浆表面光滑度有所下降,表面颗粒脱落较少;在 15 次、20 次、25 次冻融循环后,抗压强度降低分别为 21.2%、33.3%、35.1%,砂浆表面没有出现明显裂缝。

通过上述分析可知,掺废瓷砖砂浆抗冻性能较普通砂浆提高 1 倍以上,废瓷砖砂掺配率增加有利于砂浆后期抗冻性能的增加。

### 3.3 收缩试验分析

取废瓷砖砂等质量取代普通砂的比率分别为 0%、50%、100% 等 3 种开展干缩试验,试验数据绘制成图 4 所示。

由图 4 数据表明:普通砂浆随着时间的增加,收缩值有先减少后增大的趋势,即一致收缩;而废瓷砖砂砂浆收缩值先减少后膨胀,即在一定时间内是收缩,一定时间后是膨胀。废瓷砖砂掺配量越大,收缩与膨胀变化交界的时间越短。研究表明普通砂浆和废瓷砖砂浆都具有孔隙,在标准养护条件下,由于毛细吸水膨胀作用,在一定时间内减弱了收缩开裂的程度。但废瓷砖砂浆的孔隙率比普通砂浆大,后期表现出有膨胀的趋势。

### 3.4 碱集料试验分析

取普通砂浆和 100% 掺配废瓷砖砂砂浆开展碱集料试验,试验数据绘制成图 5 所示。

依据《建筑用卵石、碎石》GB/T14685-2011 可知,当半年膨胀率小于 0.10% 时,判定为无潜在碱-硅酸反应危害,反之判定为有潜在碱-硅酸反应危害。由测试数据可知,全废瓷砖砂砂浆膨胀率随时间的变化规律为非线性有峰值的变化规律,最大不超过 0.03%,而普通砂浆膨胀率随时间的增加而不断增大,到 56 d 时已达到 0.05%,分析可知,全废瓷砖砂砂浆潜在的碱-硅酸反应危害远小于普通砂浆。

0.05%,分析可知,全废瓷砖砂砂浆潜在的碱-硅酸反应危害远小于普通砂浆。

## 4 结论

通过上述试验分析可知,掺废瓷砖砂砂浆技术性能有如下规律:

- 1) 随着废瓷砖砂掺配比率的增加,废瓷砖再生砂浆的抗压强度、抗折强度均增加。在同等条件下,不同掺配率的废瓷砖再生砂浆强度等级较普通砂浆强度等级可提高 1~2 个级别。
- 2) 掺入废瓷砖砂后,砂浆的抗冻性能可以提高 1 倍以上,且废瓷砖砂掺配率越高,后期抗冻性能越好。
- 3) 普通砂浆后期具有收缩开裂的趋势,废瓷砖砂砂浆后期具有膨胀的趋势。
- 4) 全废瓷砖砂砂浆潜在的碱-硅酸反应危害远小于普通砂浆。

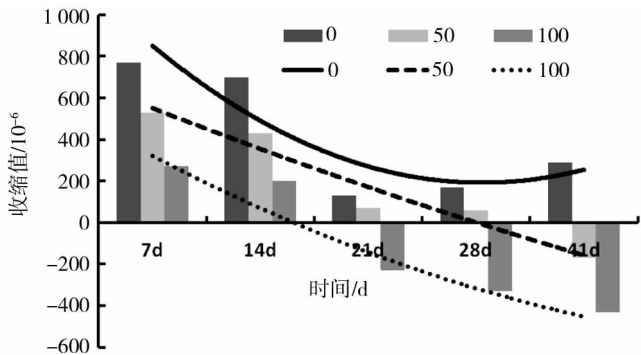


图 4 收缩值随时间变化规律图

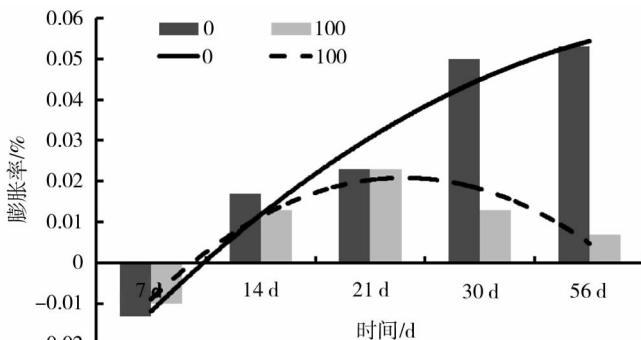


图 5 碱集料反应膨胀率变化规律图

## 参考文献:

- [1] 苏达根,赵一翔. 陶瓷废料的组成与火山灰活性研究[J]. 水泥技术,2009(2):24-26.
- [2] 江南宁. 废瓷粉混凝土配制技术及性能研究[D]. 长沙:中南大学,2010.
- [3] 程云虹,黄菲,刘佳. 废弃陶瓷骨料混凝土强度试验研究[J]. 公路,2012(11):75-04.
- [4] 毋雪梅,李勇,杨久俊. 废弃陶瓷再生砂配制砂浆、混凝土的研究[J]. 混凝土,2008,227(9):50-52.
- [5] 刘俊华,刘凤利,陈青萍. 废陶瓷再生混合砂浆流动性正交试验研究[J]. 开封大学学报,2013,27(2):90-94.
- [6] 刘凤利,刘俊华,张承志. 废陶瓷再生砂对砂浆抗压强度影响的试验研究[J]. 混凝土,2012,267(1):96-99.
- [7] 张承志,刘凤利,刘俊华. 废陶瓷再生砂对砂浆性能影响的研究[J]. 混凝土与水泥制品,2011(7):54-57.
- [8] 刘凤利,张承志,刘俊华. 利用废陶瓷再生粗砂配制再生砂浆的试验研究[J]. 河南大学学报(自然科学版),2011,41(4):425-428.
- [9] 肖锐,邓宗才,申臣良,等. 新型超高性能混凝土的抗压性能及其砂浆体的孔结构分析[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2013,28(1):44-47.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ/T70-2009, 建筑砂浆基本性能试验方法标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [11] 中华人民共和国国家标准. GB/T14685-2011, 建筑用卵石、碎石[S]. 北京:中国标准出版社,2011.