

文章编号:1671-6833(2007)02-0027-03

工业废渣再生混凝土多孔砖配合比的试验研究

谢丽丽¹, 杨薇薇², 刘立新², 胡新安²

(1. 郑州大学 综合设计研究院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 试验是以工业废渣作为粗细骨料进行再生混凝土多孔砖配合比的研究. 通过正交试验选定配合比, 用振动挤压成型的方法制作 A、B、C 三类再生混凝土 KPI 型多孔砖, 并按照《砌墙砖试验方法》(GB/T 2542-2003) 规定的方法, 分别对其进行抗压强度、收缩性能和冻融循环试验. 试验研究结果依照《混凝土多孔砖》(JC 943-2004) 进行评定, 结果表明: A 类的强度等级可达 MU15, B、C 类的可达到 MU10; 多孔砖的收缩性能较小, 冻融循环试验结果符合要求, 价格较低, 可作为黏土砖的替代品用于砌体结构房屋.

关键词: 工业废料; 混凝土多孔砖; 再生骨料; 配合比; 砌体结构

中图分类号: TU 362 **文献标识码:** A

0 引言

随着全国城市化进程的加快, 对建造房屋的黏土砖需求量急剧增大, 从而导致了土地资源的进一步严重短缺, 生态环境遭受严重破坏. 据悉, 我国现有砖瓦企业 12 万个, 每年烧砖近 7 000 亿块, 取土 14 亿 m^3 , 相当于毁田 8 万 km^2 . 而我国耕地资源十分贫乏, 为了保护日益稀缺的耕地资源, 改变和替代几千年来我国一直延续至今的盖房使用黏土制品的习惯, 近几十年来, 我国一直在探索和研究黏土制品的代用材料^[1].

现代工业迅猛发展而导致工业废渣的排放量与日俱增, 这些废渣不仅占用大量土地, 而且对环境造成极大的危害. 因此如何利用工业废渣, 使之变废为宝, 化害为利, 具有十分重要的社会效益、环境效益和经济效益^[2]. 笔者所研究的工业废渣再生混凝土多孔砖(绿色环保混凝土多孔砖)就是将工业废渣作为再生集料, 然后和胶凝材料、外加剂、水等通过搅拌、加压振动成型、养护而成的可广泛应用于各种建筑的新型墙体材料. 该项目的研究开发, 不仅有利于保护城市环境、节省土地资源; 而且可节省大量的砂、石资源(对于人均占地和资源相对匮乏的我国来说更为重要)^[3].

笔者用炉渣作为粗细骨料进行再生混凝土配合比的试验研究. 在选定配合比的基础上, 用振动

挤压成型的方法分别制作出 3 种配比的炉渣再生混凝土多孔砖, 并对所研制的多孔砖进行了抗压强度、收缩性能、吸水率和冻融循环试验. 试验结果表明用炉渣作为骨料的 A 类再生混凝土 KPI 多孔砖的强度等级可达 MU15, B、C 类均可达到 MU10 级, 多孔砖的强度随着水灰比的增加而降低, 且该多孔砖的收缩变形较小, 冻融循环试验结果符合要求. 用该多孔砖代替实心黏土砖、烧结多孔砖, 可以不毁耕地, 节省黏土; 不用焙烧设备、节省能耗; 制作工艺简单, 施工方便. 因此, 是一种有希望替代实心黏土砖、烧结多孔砖用于建造砌体结构房屋的新型墙体材料^[4].

1 工业废渣再生混凝土多孔砖配合比及成型试验

1.1 配合比试验

炉渣作为再生骨料, 同天然的碎石或砾石骨料相比, 表观密度比碎石或砾石骨料低, 吸水率较高, 可以直接回收利用, 并且其级配良好, 可同时作为粗细骨料. 所使用的工业废渣是产于义马某电厂的炉渣, 因用该炉渣作为再生骨料生产多孔砖, 所以其粒径不宜过大, 又为保证骨料的强度, 粒径不能过小, 应控制在 5~10 mm. 试验所用炉渣的粒径、表观密度、堆积密度及吸水率见表 1.

收稿日期: 2007-01-15; 修订日期: 2007-03-14

基金项目: 河南省墙改基金资助项目(2006-12)

作者简介: 谢丽丽(1954-), 河南漯河人, 郑州大学教授级高工, 主要从事混凝土结构、砌体结构基本理论及应用研究.

表1 炉渣的粒径、表观密度及吸水率

Tab.1 Grain size, density and water absorbing capacity of slag

粒径 /mm	表观密度 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	堆积密度 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	吸水率 /%
5~10	2 537.1	1 215	6.970

由于炉渣的吸水率同天然碎石或砾石骨料相比要大,因而在进行配合比的试验时不能仅套用普通混凝土配合比的设计方法,还必须考虑炉渣作为骨料吸水率大这一因素,再作相应的调整.本文中,先是以普通混凝土配合比设计方法为基准,增大用水量,掺加粉煤灰(F)、减水剂(FDN)进行试配.再考虑到实际工程应用的多孔砖强度,试配再生混凝土的目标强度等级定为C20.该配合比设计采用了三因素三水平的正交试验,变化因素为用水量(W)、水灰比(W/C)、粉煤灰掺量(F)见表2^[5].

表2 炉渣再生混凝土配合比正交试验因素水平表

Tab.2 Level-element tab of the orthogonal test of the mixture ratio of recycled concrete using slag aggregates

水平	水灰比	用水量	粉煤灰掺量
	W/C	W/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	F/%
1	0.60	235	0
2	0.66	220	10
3	0.72	205	15

通过正交试验,炉渣所选定的配合比:水灰比 $W/C=0.60 \sim 0.72$,用水量 $W=220 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,减水剂用量为水泥用量的0.8%,不掺粉煤灰,炉渣再生混凝土多孔砖的配合比如表3所示.

表3 炉渣再生混凝土多孔砖配合比

Tab.3 Mixture ratio of recycled concrete perforated brick using slag aggregates

砖类别 编号	水灰比 W/C	水 W/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	水泥 C/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	炉渣 S+G ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	减水剂 FDN ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
A	0.60	220	366.7	1 613.3	2.934
B	0.66	220	333.3	1 646.7	2.667
C	0.72	220	305.6	1 643.9	2.445

1.2 多孔砖成型工艺试验

炉渣再生混凝土多孔砖的制作是在试验室内完成.由于骨料的吸水率较大,采用挤压成型工艺,制作KP1型多孔砖,其尺寸大小为 $240 \text{ mm} \times 115 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$,有两排共10个孔洞,孔洞率为30%,如图1所示.其具体操作工艺为:在先不加水的情况下机器拌合1 min,使水泥、再生骨料、减

水剂均匀混合,再加水拌合3 min,然后将拌合物装入模具放在振动台上振动1~2 min后挤压脱模,如图2所示.在挤压过程中,由于炉渣的孔隙较大,在拌合过程中吸收的多余水分被挤出,从而保证了炉渣再生混凝土多孔砖的强度.参考国内混凝土多孔砖制砖机生产厂家的工业参数再加以调试,所选挤压应力为3.6~3.8 MPa,每块砖的总挤压力约100 kN左右.所制的3种配合比的砖均采用自然养护,定期浇水,由于天气较干燥需在多孔砖上覆盖塑料布,防止水分蒸发过快,影响多孔砖在养护期间强度的增长.试验结果表明,在常温条件下自然养护7 d后,砖的强度就可以达到要求强度的70%左右,可进行搬运.成型养护后的多孔砖的风干重为 $3.10 \sim 3.30 \text{ kg/块}$.此重量的多孔砖作为建筑材料仍适合砌筑操作^[6].

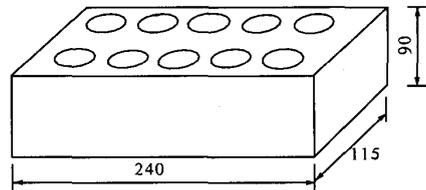


图1 多孔砖的外形尺寸(单位:mm)

Fig.1 Appearance and size of perforated brick

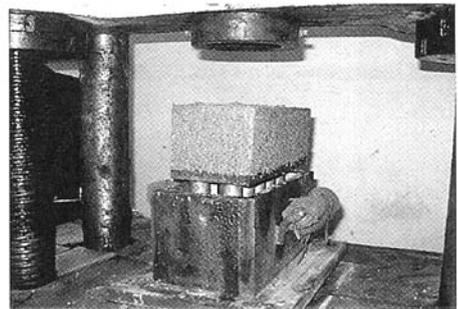


图2 多孔砖的挤压成型

Fig.2 Extrusion molding of perforated brick

2 工业废渣再生混凝土多孔砖物理力学性能试验

2.1 抗压强度试验

利用工业废渣作骨料采用挤压成型工艺而制作的再生混凝土多孔砖在自然条件下养护28 d后进行抗压强度试验,本试验是按照《砌墙砖试验方法》(GB/T 2542-2003)的规定进行,自然条件下养护的3种多孔砖各取10块进行试验,试验结果见表4.本试验结果则是依照《混凝土多孔砖》(JC 943-2004)进行评定.该试验标准规定式

样样本 $n = 10$, 当变异系数 $\delta \leq 0.21$ 时, 对 MU15 级, 其抗压强度平均值 $f \geq 15.0$ MPa, 抗压强度标准值 $f_k \geq 10.0$ MPa, 对 MU10 级, 其抗压强度平均值 $f \geq 10.0$ MPa, 抗压强度标准值 $f_k \geq 6.5$ MPa; 当变异系数 $\delta > 0.21$ 时, 除抗压强度平均值满足上述要求外, 对 MU15 级, 单块最小抗压强度值 $f_{\min} \geq 12.0$ MPa; 对 MU10 级, 单块最小抗压强度值 $f_{\min} \geq 7.5$ MPa; 从表 4 的试验结果可以看出, 炉渣再生骨料混凝土多孔砖 A 类的强度等级可达到《混凝土多孔砖》(JC 943 - 2004) 规定的 MU15 级, B、C 类强度等级均达到 MU10 级。

2.2 冻融试验

将在自然条件下养护 28 d 的工业废渣再生

骨料多孔砖各取 5 块, 按《砌墙砖试验方法》(GB/T 2542 - 2003) 的规定进行 15 次冻融循环试验, 试验结果如表 5 所示, 依照《混凝土多孔砖》(JC 943 - 2004) 进行评定。

表 4 炉渣再生混凝土多孔砖抗压强度试验结果

Tab. 4 Results of compressive strength of recycled concrete perforated brick using slag aggregates

砖类别 编号	水灰 比 W/C	强度等级评定参数		
		平均值 f /MPa	变异系数 δ	标准值 f_k /MPa
A	0.60	15.7	0.06	13.9
B	0.66	11.0	0.10	9.0
C	0.72	10.1	0.11	8.1

表 5 炉渣再生混凝土多孔砖冻融试验结果

Tab. 5 Results of freezing - thawing test of recycled concrete perforated brick using slag aggregates

砖类别 编号	冻融前强度 P_0 /MPa	冻融后强度 P_1 /MPa	强度损失率 P_m /%	冻融前干 质量 G_0 /kg	冻融后干 质量 G_1 /kg	质量损失 率 G_m /%	外观质量
A	15.7	14.2	9.55	3.077	3.040	1.20	无裂纹等
B	11.0	10.0	9.09	3.003	2.965	1.27	无裂纹等
C	10.1	9.2	8.91	2.997	2.940	1.92	无裂纹等

2.3 收缩性能试验

炉渣再生骨料多孔砖成型 24 h 后进行收缩试验, 将试件置于室内阴凉处. 在试验期间温度为 15 ~ 20 °C, 相对湿度 50% ~ 80%, 记录时间为 1 ~ 80 d, 试验结果见图 3. 从图中可以看出, 28 d 龄期炉渣骨料多孔砖的收缩率为 0.39 mm/m, 28 d 后炉渣骨料的收缩率增长明显变缓, 逐渐趋于稳定。

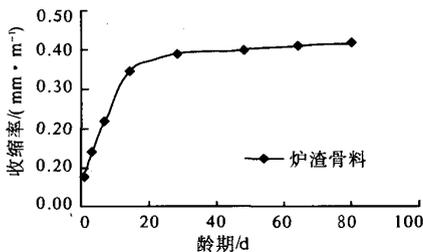


图 3 炉渣再生混凝土多孔砖收缩性能试验结果

Fig. 3 Shrinkage test of recycled concrete perforated brick using slag aggregates

3 结论

(1) 由炉渣作粗细骨料, 用挤压成型的方法制作 3 种配比的 KP1 型多孔砖的强度等级可达到 MU10 级, 其中 A 类可达到 MU15 级. 砖的强度随着水灰比的增长而降低。

(2) 工业废渣再生混凝土多孔砖的收缩变形比较小(28 d 的收缩率小于 0.40 mm/m), 冻融循环试验结果都符合要求。

(3) 因骨料是炉渣代替了砂石所以价格较低, 另外用该多孔砖代替实心黏土砖、烧结多孔砖, 可以不毁耕地, 节省黏土; 不用焙烧设备、节省能耗; 制作工艺简单, 施工方便. 因此, 炉渣再生混凝土多孔砖是一种可替代实心黏土砖、烧结多孔砖的新型墙体材料。

参考文献:

- [1] 喻云岩. 混凝土多孔砖研究和发展前景[J]. 上海建设科技, 2005, (5): 33 - 35.
- [2] 吴殿国, 时振根. 利用工业废渣制砖[J]. 材工业信息, 2004, (12): 30 - 34.
- [3] 周新宇, 蔡建明. 再生集料生产新型墙体材料大有可为[J]. 混凝土与水泥制品, 2005, (4): 50 - 53.
- [4] 胡金鸿, 马 嵘. 水灰比对碎砖再生混凝土性能的影响研究[J]. 嘉兴学院学报, 2003, 16(10): 96.
- [5] 刘立新, 谢丽丽, 郝 彤. 再生混凝土多孔砖配合比和基本性能的试验研究[C]//全国砌体结构基本理论与工程应用学术会议论文集. 上海: 同济大学出版社, 2005: 236 - 240.

(下转第 50 页)

反式阿魏酸开始分解。

参考文献:

- [1] 欧仕益. 阿魏酸的功能和应用[J]. 广州食品工业科技, 2002, 18(4): 50-53.
- [2] CASTELLUCCIO C, PAGANGA G. Antioxidant potential of intermediates in phenylpropanoid metabolism in higher plants [J]. FEBS Letters, 1995, (368): 188-192.
- [3] SAIJIA A, TOMAINO A. In vitro and in vivo evaluation of caffeic and ferulic acids as topical photo protective agents [J]. International Journal of Pharmaceutics, 2000, (199): 39-47.
- [4] 李余增. 热分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987.
- [5] 宋浩亮, 罗华菲. 阿魏酸及其制剂的稳定性研究[J]. 安徽医药, 2003, 7(4): 252-253.
- [6] 许仁溥, 许大申. 阿魏酸应用开发[J]. 粮食与油脂, 2000, (6): 7-9.
- [7] 周彩荣, 李静, 石晓华, 等. 肌醇的热分析研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2006, 27(4): 29-31.
- [8] 朱伯仲, 尚雪亚, 林钰, 等. 利用热重差热技术研究钼酸铵的热分解[J]. 郑州大学学报(自然科学版), 1997, 29(3): 71-73.

Study on Thermal Analysis of Trans-ferulic Acid

ZHOU Cai-rong, AN Na, SHI Xiao-hua, WANG Hai-feng

(School of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The thermal properties of trans-ferulic acid such as melting point, melting heat, decomposition temperature, and so on, were studied by DSC and DTA-TGA. The analysis condition of trans ferulic acid by DSC-60 was determined, in which heating rate is $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, nitrogen rate is $20\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, weigh certain sample, and then the DSC curve is exact. The melting point of trans ferulic acid is $174.64\text{ }^{\circ}\text{C}$, the melting heat is $150.00\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$, the decomposition temperature is $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ in nitrogen condition. The DTA-TGA curve is evidently weightless among $190\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}$, it can prove that trans ferulic acid begins to decompose at $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ in nitrogen condition.

Key words: trans ferulic acid; differential scanning calorimetry (DSC); melting heat; decomposition temperature

(上接第29页)

Study on the Mix Design and Fundamental Properties of Concrete Perforated Bricks Using Industrial Residue

XIE Li-li¹, YANG Wei-wei², LIU Li-xin², HU Xin-an²

(1. Zhengzhou University Multi-Functional Design and Research Academy, Zhengzhou 450002, China; 2. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: This is a test of mixture ratio of the concrete perforated brick using the industrial residues as the coarse and tenuous aggregates. Based on the chosen mixture ratio after the orthogonal test, three kinds of KP1 recycled concrete perforated brick A, B and C are made with a method of extrusion molding. According to the specifications of Chinese Code Test Method of Bricks Used in Masonry GB/T 2542-2003, the fundamental properties such as the compressive strength, the shrinkage ratio and the freezing-thawing characteristics of concrete perforated brick using the industrial residues are tested and discussed in detail. The test results are assessed following the Chinese Code《Perforated Brick of Concreteng》(JC 943-2004), and the result is the grade of the concrete perforated brick of type A can reach MU15, and the grade of type B and type C can also reach MU10. The shrinkage is little and the freezing-thawing characteristics is satisfied, and the price is relatively low. These concrete perforated bricks using the industrial residues as recycled aggregates may be used in the building of masonry structure instead of the clay brick.

Key words: industrial residue; concrete perforated brick; recycled aggregates; mixture ratio; masonry structure