

文章编号: 1007-6492(2002)01-0089-04

承重粉煤灰砖砌体受压力学性能的试验研究

王东威, 刘立新, 杨卫忠

(郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 近年来, 许多文献对粉煤灰材料的应用作了大量的研究, 但都没有对非蒸压承重粉煤灰砖进行过研究. 通过 3 组 30 个用非蒸压承重粉煤灰砖砌筑的标准试件的抗压试验, 讨论了非蒸压粉煤灰砖砌体的裂缝发展特点和变形规律, 根据 30 个试件的抗压试验结果, 建立了抗压强度计算公式. 结果表明, 与普通砖砌体相比, 该新型建筑材料具有相似的裂缝发展特点, 极限荷载也相近, 可作为替代粘土砖的新型承重墙体材料.

关键词: 粉煤灰砖; 砌体结构; 抗压强度

中图分类号: TU 362 **文献标识码:** A

近年来, 随着我国社会及建筑工业技术的快速发展, 人们对建筑材料的观念也发生了很大的变化. 利用粉煤灰生产建材制品, 变废为宝, 化害为利, 已成为国人的共识. 目前, 各种粉煤灰硅酸盐材料和制品厂也如雨后春笋般发展起来. 但是这些材料和制品都存在着凝结硬化慢、早期强度低、养护能耗高、生产周期长等缺点, 因而限制了它的应用范围, 在质量和成本上也缺乏竞争力.

本次试验所采用的是免烧、免蒸、自然养护的高掺量承重粉煤灰砖. 这种砖的生产工艺简单, 养护能耗低, 无需特殊的养护设备, 因而生产成本较低. 另外, 试验结果表明, 该砖的强度完全能够满足使用要求. 从保护耕地资源、发展环保建筑两个方面来看, 这种砖是替代普通粘土砖的理想材料.

本文通过对 30 个用免烧、免蒸、自然养护的高掺量承重粉煤灰砖砌筑的标准试件的抗压试验, 分析了粉煤灰砖砌体的受压承载力特点及其变化规律, 给出了粉煤灰砖砌体抗压强度的建议公式^[3].

1 试验研究

1.1 试件制作及加荷方案

采用人工拌合的方法制作 M5、M7.5、M10 三个级别的混合砂浆, 对应每级砂浆采用分层流水作业法砌筑标准抗压试件 10 个, 共 30 个, 试件截面尺寸为 240 mm × 370 mm × 720 mm, 如图 1 所

示. 试验量测的内容包括试件的极限荷载、开裂荷载、轴向及横向变形. 其中极限荷载、开裂荷载由传感器直接读出, 而轴向及横向变形由该方向的百分表读数换算而得. 试验采用分级加荷的方法, 加载方案及仪表布置如图 2 所示.

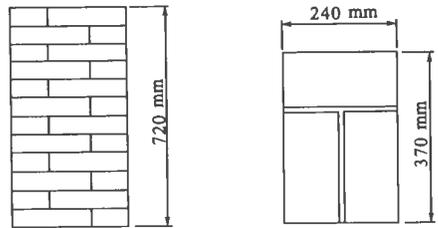


图 1 构件截面尺寸

Fig. 1 Section details of specimen

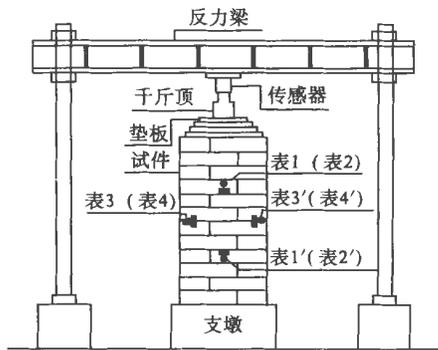


图 2 试验加载方案

Fig. 2 Schematic design of loading

收稿日期: 2001-09-10; 修订日期: 2001-12-07

基金项目: 2001 年郑州市城建科技开发项目

作者简介: 王东威(1974-), 男, 河南省洛阳市人, 郑州大学硕士研究生, 主要从事钢筋混凝土和砌体方面的研究.

1.2 试验结果

抗压强度及试验参数.表中 N_{cr} 为试件的开裂荷载;

表 1 列出了试验构件的开裂荷载、极限荷载、 N_u 为试件的极限荷载.

表 1 试验构件参数表

Tab.1 Parameters of specimen member

构件编号	试验参数			试验结果			计算结果	
	截面尺寸/ mm ²	砖强度/ MPa	砂浆强度/ MPa	开裂荷载/ kN	极限荷载/ kN	弹性模量/ MPa	N_{cr}/N_u	抗压强度/ MPa
A1	88002	11.5	4.5	150	255.0	2658.96	0.588	2.91
A2	87962	11.5	4.5	120	297.0	1971.94	0.404	3.39
A3	88519	11.5	4.5	120	330.0	2627.08	0.364	3.74
A4	87401	11.5	4.5	150	330.0	2266.58	0.455	3.78
A5	88891	11.5	4.5	120	295.9	2486.17	0.406	3.34
A6	87352	11.5	4.5	150	270.0	1434.99	0.556	3.10
A7	87276	11.5	4.5	120	300.0	1389.53	0.400	3.45
A8	88608	11.5	4.5	150	330.0	1969.10	0.455	3.73
A9	87600	11.5	4.5	120	300.0	2680.00	0.400	3.43
A10	87760	11.5	4.5	120	246.0	1630.35	0.488	3.95
B1	88480	11.5	7.4	120	300.0	2519.90	0.400	3.40
B2	88480	11.5	7.4	120	297.4	1919.68	0.403	3.37
B3	89052	11.5	7.4	90	300.0	2651.39	0.300	3.38
B4	88325	11.5	7.4	120	300.0	2029.85	0.400	3.40
B5	89298	11.5	7.4	90	348.1	3536.00	0.259	3.91
B6	90170	11.5	7.4	90	414.9	2082.56	0.217	4.61
B7	89368	11.5	7.4	150	450.0	2545.64	0.333	5.04
B8	89316	11.5	7.4	90	346.7	2717.76	0.260	3.89
B9	88800	11.5	7.4	90	420.0	2043.96	0.214	4.40
B10	89127	11.5	7.4	90	408.0	2443.82	0.221	4.59
C1	88443	11.5	9.9	60	360.0	5476.51	0.167	4.08
C2	88553	11.5	9.9	150	395.7	2808.78	0.379	4.48
C3	88328	11.5	9.9	180	330.0	3248.41	0.545	3.75
C4	88004	11.5	9.9	90	245.3	2261.28	0.367	2.80
C5	88814	11.5	9.9	90	344.7	829.01	0.261	3.89
C6	90571	11.5	9.9	90	420.0	3774.91	0.214	4.65
C7	89200	11.5	9.9	150	390.0	2830.65	0.385	4.39
C8	89084	11.5	9.9	120	270.0	2493.63	0.444	3.38
C9	89448	11.5	9.9	90	390.0	2297.25	0.231	4.37
C10	88197	11.5	9.9	90	335.1	1901.92	0.269	3.81

2 受压承载力比较分析

2.1 砌体受压应力状态

从每组试件中选取一个作出 $N-\epsilon$ 曲线,如图 3~5 所示,结合这些曲线图以及试件的裂缝图(图 6),分析砌体的受力特点.

第一阶段是从砌体开始受压,到出现第一批裂缝.即随着荷载的增大,裂缝显现在单块砖内,如图 6(a) 所示.由表 1 中数据可知:A 组试件 N_{cr}/N_u 的平均值为 0.452;B 组为 0.301;C 组为 0.326,这较之普通粘土砖的 0.5~0.7 要低,反映了非烧结普通砖的特点.

第二阶段是在开裂后,随着荷载继续增大,单块砖内裂缝不断发展,并逐渐形成与加荷方向相平行并通过若干皮砖的不连续的竖向裂缝,在个别砖内甚至出现横向裂缝,但此裂缝细微且发展十分缓慢,如图 6(b) 所示. $N-\epsilon$ 曲线斜率减小,曲线出现转折,但不很明显,临近破坏时,曲线出现第二个转折点,较为明显,荷载增加不多,应变增长很快.

第三阶段是继续增加荷载,裂缝很快加长、加宽,将砌体分割成为若干个 1/2 砖的小立柱,砌体终于被压碎或因丧失稳定而完全破坏,如图 6(c) 所示^[1,3].

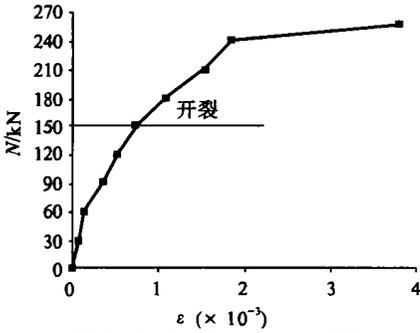


图3 试件A1 N-ε曲线图

Fig. 3 N-ε curve drawing of specimens A1

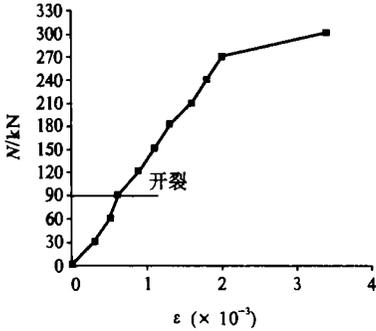


图4 试件B3 N-ε曲线图

Fig. 4 N-ε curve drawing of specimens B3

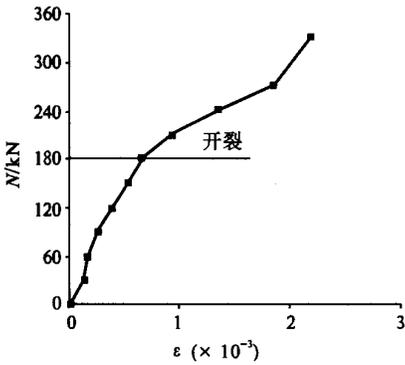
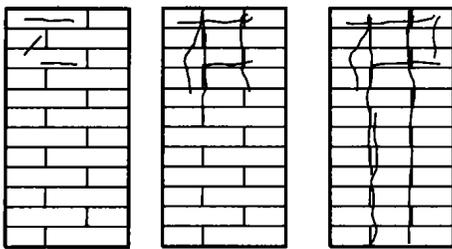


图5 试件C3 N-ε曲线图

Fig. 5 N-ε curve drawing of specimens C3



(a) 第一阶段 (b) 第二阶段 (c) 第三阶段

图6 试件A7裂缝图

Fig. 6 Slit drawing of specimens A7

2.2 试验结果分析

我国现行砌体结构设计规范中抗压强度的计算方法如式(1)所示

$$f_m = k_1 f_1 \left(1 + 0.07 f_2 \right) k_2 \quad (1)$$

式中: f_m 为砌体抗压强度平均值, MPa; f_1, f_2 分别为块体和砂浆的抗压强度平均值, MPa; k_1 为与

块体类别和砌体砌筑方法有关的参数, 取 $k_1 = 0.78$; α 为与块体高度有关的参数, 取 $\alpha = 0.5$; k_2 为砂浆强度较低或较高时对砌体抗压强度的修正系数, 取 $k_2 = 1$ 。

表1中的抗压强度值由下面式(2)求得, 即

$$f_m = \frac{N_u}{A} \quad (2)$$

式中: f_m 为砌体抗压强度, MPa; N_u 为试件所能承受的最大荷载, kN; A 为试件的截面面积, mm^2 。

式(1)主要适用于蒸压粉煤灰砖, 而本次试验采用的是直接压力成型、一般养护的粉煤灰砖, 与式(1)的加工工艺略有不同, 尤其是在采用高等级砂浆时, 实测的砌体强度明显低于式(1)的计算结果。针对本次试验, 将式(1)略作修改为

$$f_m = k_1 f_1 \left(1 + \xi \sqrt{f_2} \right) k_2 \quad (3)$$

用此模式对30个试件的试验结果回归分析, 得到 ξ 的平均值为0.164, 则式(3)改为

$$f_m = 0.78 f_1 \left(1 + 0.164 \sqrt{f_2} \right) k_2 \quad (4)$$

同时为与我国砌体规范中的强度取值原则相协调, 将式(3)中 k_1 调整为0.63, 则式(4)改为

$$f_m = 0.63 f_1 \left(1 + 0.164 \sqrt{f_2} \right) k_2 \quad (5)$$

图7显示了实测结果的散点布置及三种公式计算结果的对比。表2列出了式(1)、式(4)、式(5)的计算结果和实验的实测结果平均值。

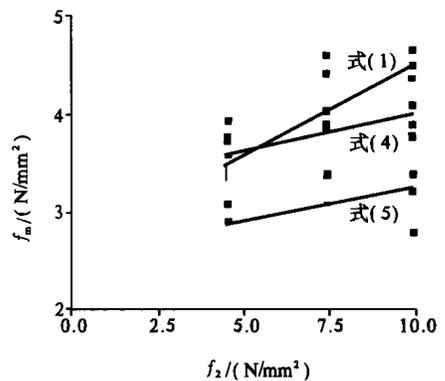


图7 计算结果对比图

Fig. 7 Contrast drawing of calculated results

表2 砌体抗压强度对比表

Tab. 2 Contrast fig. of strength of compression MPa

项目	砖强度	砂浆强度		
		4.5	7.4	9.9
实测结果	—	3.48	4.00	3.96
式(1)计算结果	11.5	3.48	4.02	4.48
式(4)计算结果	11.5	3.57	3.83	4.01
式(5)计算结果	11.5	2.88	3.09	3.24

表3列出了试验实测结果与规范公式及本文中的两个修正公式比值及分析结果。

表3 对比结果分析表

Tab.3 Analysis fig of contrast result

项目	比值 平均值	比值 均方差	变异 系数
实测值/式(1)结果	0.961	0.132	0.138
实测值/式(3)结果	1.003	0.131	0.131
实测值/式(4)结果	1.242	0.158	0.127

由表2、表3中数据以及图7可见,规范公式的计算结果高于试验的实测结果,结构偏于不安全.本文中的两个修正公式中,式(5)基本为试验结果的偏下线,与试验结果符合较好;式(4)与式(5)对比,式(5)较之于式(4)有更高的安全储备,并且计算结果的离散性要优于式(4),所以建议取式(5)为粉煤灰砖砌体抗压强度的计算公式。

2.3 抗压强度取值

2.3.1 砌体的标准强度

规范规定,将各类砌体的标准强度统一取为其强度分布的95%下分位值(相当于强度的统计平均值减去1.645倍标准差),即从概率的意义上说,出现高于此值的强度的概率为95%,同时,也有可能出现低于此值的强度.由此定义,砌体的标准强度 f_k 与平均强度 f_m 之间的关系可写成

$$f_k = f_m(1 - 1.645\delta) \quad (5)$$

由表3中的数据可知,此处 $\delta = 0.158$,代入式(5),可得

$$f_k = 0.79f_m \quad (6)$$

2.3.2 砌体的设计强度

我国现行砌体结构设计规范中,砌体的材料

分项系数 γ 取为1.6,则砌体的抗压强度设计值 f 可由下式得出

$$f = f_k / \gamma = 0.79f_m / 1.6 = 0.49f_m \quad (7)$$

根据式(7)求得免烧、免蒸、自然养护的高掺量承重粉煤灰砖砌体的抗压强度建议设计值与蒸压粉煤灰砖及普通粘土砖的设计值列于表4。

表4 抗压强度设计值

Tab.4 Design strength of compression MPa

砖类型	砖强度 等级	砂浆强度等级		
		M5	M7.5	M10
非蒸压粉煤灰砖	MU10	1.41	1.51	1.59
蒸压粉煤灰砖	MU10	1.50	1.69	1.89
烧结普通砖	MU10	1.50	1.69	1.89

3 结论

通过实验分析,利用粉煤灰为原材料制作的砖块,在砌体的受力性能以及裂缝的发生、发展上,有着与普通粘土砖基本相同的规律,粉煤灰砖可以用来替代传统的粘土砖.本文通过30个试件的统计分析,给出了非蒸压粉煤灰砖砌体抗压强度的建议公式和建议设计取值。

参考文献

- [1] 施楚贤.砌体结构理论与设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [2] 钱义良,施楚贤.砌体结构研究论文集[M].长沙:湖南大学出版社,1989.
- [3] 沈旦申.粉煤灰混凝土[M].北京:中国铁道出版社,1989.
- [4] GBJ 3-88,砌体结构设计规范[S].

Study on Mechanical Performance of Compression Bearing Fly ash Brick Masonry

WANG Dong wei, LIU Li xin, YANG Wei zhong

(College of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Recently, many researches about the application of fly ash brick have been conducted, but none of them are about non steam pressure and bearing brick. Based on the compression tests of 30 standard specimens which were made by non steam pressure and bearing fly ash brick and divided into 3 groups this paper discusses the developing feature of crack and transfiguration law of fly ash brick masonry, finally establishes the calculation formula of strength of compression according to the testing result. The results prove that such new style building material has similar developing feature of crack and approximate limit loads compared with normal brick masonry, so that it can be regarded as a new bearing material of wall replacing of clay brick.

Key words: fly ash brick; masonry structure; compressive strength