

文章编号:1000-582X(2009)07-0815-08

蒸压粉煤灰砖砌体偏心受压性能试验

秦士洪,曹桓铭,倪校军,骆万康

(重庆大学 土木工程学院,重庆 400030)

摘要:为了解蒸压粉煤灰砖砌体的偏心受压性能,验证现行规范计算方法的适用性。采用对试件上端施加偏心荷载的方法对 36 个蒸压粉煤灰实心标准砖和圆形孔 KP1 型多孔砖砌体偏心受压短柱进行了静力试验,同时利用平截面假定和理想应力应变曲线对偏压承载力进行了理论分析。得到了试件在受力破坏全过程中的特征和形态,并经试验数据回归分析得到偏心受压影响系数公式。试验研究表明:随偏心距增大,开裂荷载和破坏荷载逐渐减小,破坏特征逐步由类似轴压破坏转变为大偏压破坏;大部分试件的偏压承载力试验值高于规范计算值;截面的平均应变分布符合平截面假定;采用的理论分析方法可行,现行规范公式可用于计算该砌体的偏心受压承载力。

关键词:蒸压粉煤灰砖砌体;偏心受压性能;静力试验;偏心影响系数;破坏特征;承载能力
中图分类号:TU362 文献标志码:A

Experimental study on eccentric compression behaviour of autoclaved flyash-lime brick masonry

QIN Shi-hong, CAO Huan-ming, NI Xiao-jun, LUO Wan-kang

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: To study the eccentric compression performance of autoclaved flyash-lime brick masonry, and validate the applicability of current code's calculation method, static tests on 36 eccentrically loaded puncheons of standard autoclaved flyash-lime solid brick and KP1 type perforated brick with circular holes masonry are carried out by applying eccentric load on the top of the specimens. The bearing capacity of eccentric compression is analyzed using plane-section assumption and ideal stress/strain curve. The features and shapes during the process of failure are obtained and the eccentric compression impact factor formula is also obtained by regression analysis of experimental data. With eccentricity increasing, cracking load and failure load are gradually decreased, and the failure features gradually change into large eccentric compression from axial compression. Most test values of bearing capacity under eccentric compression are higher than code calculating values. The average strain distribution in the section is in accordance with the plane-section assumption. The theoretical analysis method used is feasible, current code's formula can be used to calculate the bearing capacity of flyash-lime brick masonry under eccentric compression.

Key words: autoclaved flyash-lime brick masonry; eccentric compression performance; static test; eccentric effect factor; failure character; bearing capacity

收稿日期:2009-02-23

基金项目:中标协砌体结构委员会资助项目(中标协砌字 2006-3)

作者简介:秦士洪(1954-),男,重庆大学教授,主要从事砌体结构方向的研究,(E-mail)qsh@cqu.edu.cn.
欢迎访问重庆大学期刊社 <http://qks.cqu.edu.cn>

砌体主要用作受压构件,而偏心受压是其主要的受力形式之一,因此国内外对砌体的偏心受压性能进行了较多的研究^[1-5],得出了关于单向偏心受压构件偏心影响系数 α 的多种表达式。中国现行砌体结构设计规范^[6]则沿用了“88规范”和“73规范”的公式

$$\alpha = \left[\frac{1}{1 + 12 \left(\frac{e}{h} \right)^2} \right], \quad (1)$$

式中: e 为轴向力的偏心距; h 为矩形截面轴向力偏心方向的边长。该公式是基于以烧结粘土砖砌体和普通混凝土砌块砌体的试验数据为主的经验公式。随着墙体材料的发展,国内学者针对新型墙材构件继续开展了偏心受压试验研究,其结果表明式(1)对新型墙材砌体不一定适合或偏于安全。如文献^[7]指出轻砂加气混凝土砌块砌体偏压构件的 α 值较式(1)稍大,而文献^[8]所测浮石混凝土小型空心砌块砌体偏压构件的 α 值较式(1)低,认为反映了该种砌体不同于砖砌体和普通混凝土砌块砌体的特点,并提出了适合该种砌体的 α 计算公式。至于目前正在推广应用的新型墙材-蒸压粉煤灰砖砌体的偏心受压性能,目前还未见相关的试验研究报道。为此,针对蒸压粉煤灰砖砌体进行了2种强度等级砂浆、3种偏心距情况的36个偏心受压短柱的静力荷载试验,目的是观察其受力破坏过程及形态,测试其开裂荷载、破坏荷载和截面的应变分布,验证式(1)的适用性,并为中标协协会标准《蒸压粉煤灰砖砌体结构技术规范》的编制提供参考。

1 试件设计和试验方法

1.1 材料及试件

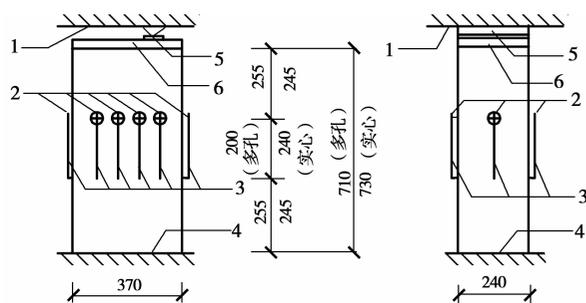
试验用的蒸压粉煤灰圆形孔KP1型多孔砖由河南洛阳龙羽宜电有限公司生产,标称尺寸 $240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 90\text{ mm}$,实际尺寸误差约 -2 mm ;孔径 23 mm 、孔洞率 30% ;其侧面平整光滑,上下两面粗糙,自然状态含水率为 8.5% ;按文献^[9]的标准试验方法所测得的单砖抗压强度平均值为 8.8 MPa 。蒸压粉煤灰实心标准砖由武汉新世纪墙材有限公司生产,标称尺寸 $240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 53\text{ mm}$,实际尺寸误差约 $-2 \sim -4\text{ mm}$;其几何尺寸规则,表面平整光滑,自然状态含水率为 7.3% ;按同样的方法实测的单砖抗压强度平均值为 16.8 MPa 。砌筑砂浆采用P.O32.5的普通硅酸盐水泥与重庆特细砂(细度模量约 0.6)

及石灰膏配制,其设计强度等级有M5和M10两种,分别与实心砖和多孔砖搭配组成4组砌体试件。考虑荷载沿试件截面长边方向单向偏心,每组有3种不同相对偏心距($e/y = 0.2, 0.4, 0.6$, y 为截面形心到偏心方向截面边缘的距离)的试件9个,共计36个试件。参照文献^[10]的轴压短柱试件尺寸,本偏压砌体试件的截面设计尺寸均取 $240\text{ mm} \times 370\text{ mm}$,其中实心砖试件砌12线砖,高 720 mm ;多孔砖砌体试件砌7线砖,高 700 mm ;若计入顶部 $1:3$ 水泥砂浆抹面厚度,则试件高度增加 10 mm ,高厚比分别为 3.04 和 2.96 ,属于短柱范围。试件用砖先浇水,隔夜后再砌筑试件,砌筑方法按标准试验方法^[10]要求。同批试件砌筑均由一名中等技术砖工流水砌筑完成。

1.2 试验装置及试验方法

目前砌体的偏心受压还没有一个标准试验方法。以往的试验一般采用2种方法:一种是上下对称偏心加载,相应地在试件上下端均设置刀口铰支座。其特点是与理论分析模型一致,各截面受力相同;但加载装置较复杂,试件安装困难,加载不容易控制。另一种是仅通过试件上端的刀口铰支座来施加偏心荷载,而试件下端则直接砌筑在带吊钩的钢板或混凝土底座上,其下不设铰支座。此法的特点是与砌体墙柱的实际受力情况比较一致,且加载装置简单,试件安装方便,加载控制容易。据文献^[11]的对比试验,其它条件相同下前者的开裂荷载和破坏荷载略低于后者,但没有显著性差异,实际上现行规范^[6]所参考的试验数据多采用第2种方法获得。综合所述,采用了第2种方法。

试件在 500 t 压力机上进行加载,为了测量试件在偏心受压下的变形,在试件高度中部对称两侧宽面上各安装4个千分表,对称两窄面上各安装1个千分表,共计10个。多孔砖试件的千分表测距为 200 mm ,实心砖为 240 mm 。试验装置示意图1,将试件底座置于压力机下压板上,其间用干砂找平;试件顶部放置一块厚 35 mm 的钢板,钢板与试件之间也用干砂找平;钢板上再按偏心位置安放刀口铰支座,刀铰支座与试件同宽(240 mm),压力机通过刀铰支座向试件施加单向偏心荷载。加载程序参照标准试验方法^[10],采用单调分级加载,每级荷载为预估荷载的 10% ,并在 $1 \sim 1.5\text{ min}$ 内加完,然后持荷 $1 \sim 2\text{ min}$,进行仪表读数。



1. 压力机上压板;2. 千分表;3. 纵向导杆;
4. 压力机下压板;5. 刀口支座;6. 35 mm 厚钢板

图1 偏压试验装置示意图

2 试验结果及分析

2.1 试验现象

试验观察到随着荷载偏心距的不同,试件呈现出不同的开裂和破坏形态。

$e/y=0.2$ 时(图2):随着荷载的增加,10个千分表的读数全部增大,但增幅不同,在靠近刀铰支座的窄面上的表的读数增幅最大,远离刀铰支座的窄面上的表的读数增幅最小,其间宽面上表的读数增幅逐个递减,表明全截面呈不均匀的压缩变形;在试件开裂前,各个表的读数基本呈线性增加;当荷载加至破坏荷载的40%~60%时,一般在刀铰下方出现第1条竖向裂缝,随着荷载的继续增大,裂缝不断增多、延伸、贯通,裂缝主要集中在刀铰下方的两宽面及靠近刀铰一侧的窄面上;当荷载加至破坏荷载时,刀铰下方的宽面及靠近刀铰的窄面上均出现贯通的竖向主裂缝,此特征与轴压破坏情况十分类似;在远离刀铰的窄面上也会出现一贯通的竖向裂缝;最后裂缝迅速扩宽,试验机压力下降,宣告试件破坏。

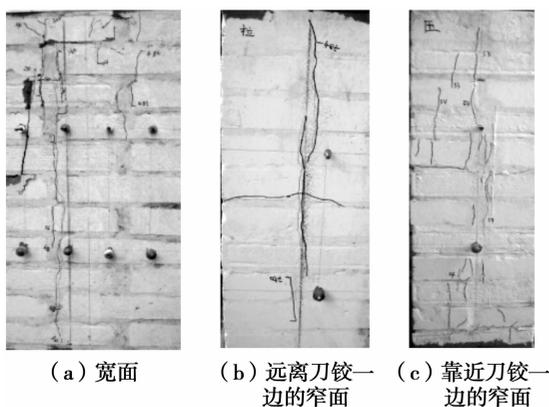


图2 $e/y=0.2$ 时的破坏形态

$e/y=0.4$ 时(图3):随着荷载的增加,远离刀铰的窄面上的千分表的读数减小,其它表的读数都不同程度的有所增大,表明试件在远离刀铰的一侧出现拉应力;当荷载加至破坏荷载的50%~80%时,由于砌体内部结构的不均匀性,有时是受拉窄面先出现水平受拉裂缝,有时是刀铰下方宽面先出现竖向裂缝;随着荷载的继续增大,水平裂缝不断的加宽,到一定程度后还会出现新的水平裂缝,而竖向裂缝也不断的增多,并主要集中在刀铰下方的两宽面及靠近刀铰的窄面上,而远离刀铰的窄面上一直没有出现竖向裂缝;当加至破坏荷载时,竖向裂缝基本贯通,试验机压力下降,宣告试件破坏。

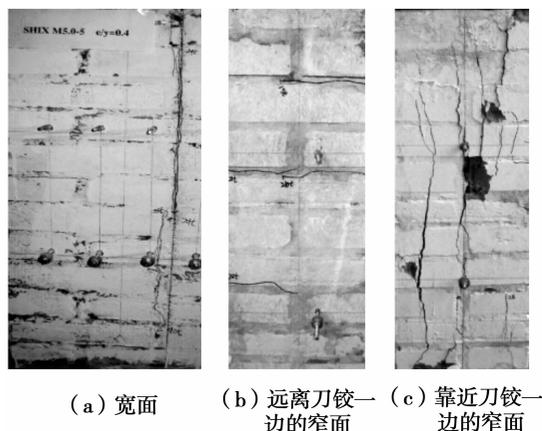
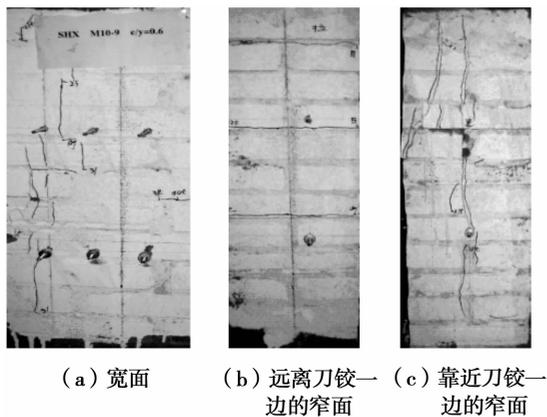


图3 $e/y=0.4$ 时的破坏形态

$e/y=0.6$ 时(图4):随着荷载的增加,在中心线远离刀铰一侧的5个千分表的读数都不同程度的减小,其中窄面上的表减小得最快,而另一侧的5个表读数仍然增大,表明几乎有一半的砌体处于受拉状态;当荷载加至破坏荷载的40%左右时,在远离刀铰支座的窄面上出现第一条水平受拉裂缝,随着荷载的继续增大,水平裂缝不断扩宽,并出现新的水平裂缝;当荷载加至接近破坏荷载时,刀铰下方的两宽面及靠近刀铰的窄面上出现竖向裂缝;当加至破坏荷载时,水平主拉裂缝已经很宽,由于底部钢板的约束,竖向裂缝主要分布在试件的上部及中部,并没有上下贯通,呈现出明显的大偏压破坏特征。

多孔砖试件的试验现象基本上与相应偏心距的实心砖试件的试验现象一致,其不同点是多孔砖的脆性较之实心砖更为明显,所以其开裂荷载与破坏荷载之间的差值比实心砖试件要小。当偏心

图4 $e/y=0.6$ 时的破坏形态

距较小时,有时会出现多孔砖砌体在破坏的一瞬间由于压应力较大一侧压区突然压溃,剩余截面的形心线移动,致使偏心矩增大,而另一侧的窄面上出现水平裂缝(图2b)。当偏心距较大时,试件破坏时刀铰下的几皮砖会出现掉皮、向外鼓出、并伴随着细微的破裂声,有时还会出现局部压溃的现象。

2.2 开裂荷载及破坏荷载

实测各试件的截面尺寸、开裂荷载及破坏荷载见表1~4。从表中可以得出:1)当 $e/y=0.2$ 时,砌体直至破坏也没出现水平裂缝(个别多孔砖砌体在破坏的一瞬间突然会出现水平裂缝,详见2.1节),说明试件处于全截面受压;当偏心矩 $e/y=0.4$ 时,水平裂缝的出现与竖直裂缝出现的时间差不多,表明试件破坏前截面上已有受拉区存在;当 $e/y=0.6$ 时,水平裂缝先于竖直裂缝出现,其初裂荷载约为破坏荷载的47%,而竖直裂缝出现较晚,其初裂荷载约为破坏荷载的87%,说明大偏心受压时试件主要表现为先拉裂后压坏。2)试件裂缝的开展规律与砖的品种,尺寸,有无孔洞关系不大,主要与砂浆强度及偏心距有关。3)相同砂浆强度等级情况下,试件的开裂荷载和破坏荷载随着偏心距的增大逐渐减小。 $e/y=0.2\sim 0.4$ 时破坏荷载下降较快, $e/y=0.4\sim 0.6$ 时下降减缓。4)多孔砖块体强度约为实心砖的一半,但相同砂浆强度等级情况下,多孔砖试件的开裂荷载及破坏荷载仅略低于实心砖试件,说明砌体的抗裂能力主要取决于砂浆强度,而多孔砖单砖的较大厚度对其砌体受压承载力的有利影响明显。5)相同偏心距情况下,随着砂浆强度的提高试件的开裂荷载值及破坏荷载值也逐渐增大。

表1 实心砖16.8/5.6试件组试验值

相对偏心距	截面尺寸 /mm ²	开裂荷载 /kN	平均值 /kN	破坏荷 载/kN	平均值 /kN
$e/y=0.2$	1 240×370	240/		274	
	2 240×370	180/	200/	280	281
	3 238×365	180/		290	
$e/y=0.4$	4 240×366	220/220		230	
	5 240×368	180/160	206/193	221	229
	6 238×362	220/200		235	
$e/y=0.6$	7 238×363	180/90		192	
	8 233×363	190/120	163/83	205	196
	9 237×360	120/40		190	

表2 多孔砖8.8/6.7试件组试验值

相对偏心距	截面尺寸 /mm ²	开裂荷载 /kN	平均值 /kN	破坏荷 载/kN	平均值 /kN
$e/y=0.2$	1 238×365	180/250		258	
	2 240×364	220/280	207/273	280	276
	3 238×367	220/290		290	
$e/y=0.4$	4 237×364	160/160		195	
	5 239×365	200/180	186/180	220	212
	6 239×365	200/200		220	
$e/y=0.6$	7 239×365	150/120		162	
	8 236×364	140/100	136/96	194	173
	9 238×365	120/70		164	

表3 实心砖16.8/9.4试件组试验值

相对偏心距	截面尺寸 /mm ²	开裂荷载 /kN	平均值 /kN	破坏荷 载/kN	平均值 /kN
$e/y=0.2$	1 237×368	240/		540	
	2 237×370	360/	280/	545	488
	3 236×369	240/		380	
$e/y=0.4$	4 237×368	150/150		280	
	5 237×368	200/160	156/170	405	335
	6 240×370	120/200		320	
$e/y=0.6$	7 238×367	220/90		265	
	8 237×368	270/180	233/120	270	282
	9 236×370	210/90		310	

表 4 多孔砖 8.8/9.3 试件组试验值

相对偏心距	截面尺寸 /mm ²	开裂荷载 /kN	平均值 /kN	破坏荷 载/kN	平均值 /kN
$e/y=0.2$	1 240×368	330/490		490	
	2 237×366	240/420	283/433	424	435
	3 242×368	280/390		392	
$e/y=0.4$	4 240×368	180/210		290	
	5 241×371	300/270	210/200	332	319
	6 240×371	150/120		334	
$e/y=0.6$	7 239×371	220/120		236	
	8 239×368	260/100	253/126	270	264
	9 241×370	280/160		286	

表 1~4 中,表题中,“/”左右数值分别表示该试件组的砖及砂浆的实测抗压强度/MPa(采用与试件同类型砖作底模),砂浆试块与砌体试件同条件养护,且养护时间相同;开裂荷载及平均值栏中,“/”左右数值分别表示竖向开裂荷载和水平开裂荷载,如空缺则表示没有出现水平或竖向裂缝。

2.3 截面应变分布

根据各千分表测试的读数得到试件在不同荷载级别下的截面平均应变。图 5~7 表示实测的 M5 砂浆等级实心砖试件的截面平均应变分布,其它试件的变化曲线与此类似。

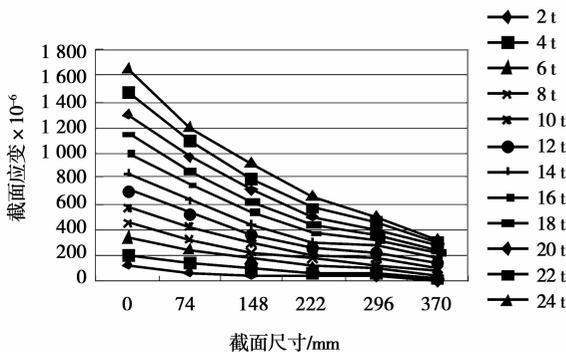


图 5 $e/y=0.2$ 时实测截面应变分布

从图中可以看到,随着偏心距的增大,试件受拉区和边缘拉应变越来越大;当 $e/y=0.2$ 时,试件截面呈不均匀的压缩变形;当 $e/y=0.4$ 时,小部分截面出现拉应变,结合试验现象,可以认为此 2 种情况应属于小偏压破坏;当 $e/y=0.6$ 时,有近一半的截面处于受拉状态,明显属于大偏压破坏。

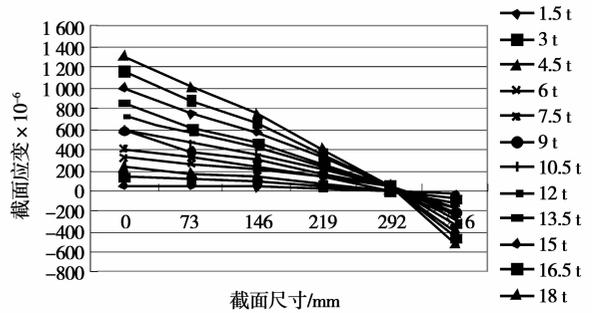


图 6 $e/y=0.4$ 时实测截面应变分布

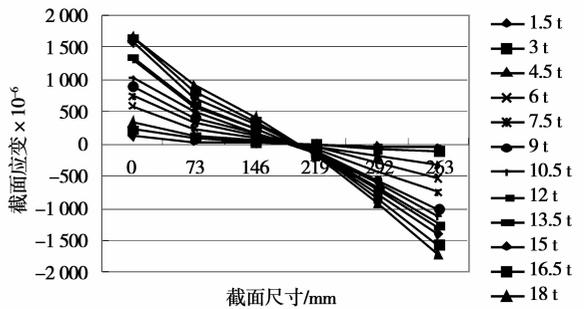


图 7 $e/y=0.6$ 时实测截面应变分布

在出现水平裂缝前,应变基本呈线性变化,而一旦开裂应变会急速增长,并且随着偏心距的增大,破坏前受压边缘压应变也相应增大。截面上出现拉或压基本上与偏心力是否在截面核心区内的材料力学概念是一致的。总体上截面平均应变分布符合平截面假定。

2.4 极限承载力分析

在以往的砌体偏压承载力分析中,多以试验结果为主,国内也有学者在理论分析方面进行了有益的探讨^[2,12]。无疑,理论方面的进展对推动砌体结构的研究向深层次的发展具有重要的意义,为此笔者也进行了探讨。

2.4.1 理论分析

基本假定:1)截面平均应变分布符合平截面假定。根据试验及相关文献^[2,12]的研究,当测距足够大时,如不小于 2 皮砖和 2 条灰缝,其间的纵向平均应变分布基本是符合平截面假定的。

2)忽略砌体抗拉强度。砌体的抗拉强度很低且裂缝集中在水平灰缝处,一旦开裂即退出工作。

3)截面上的应力分布与轴心受压的应力-应变曲线形状成仿射关系。由于偏心受压截面上的应力变化梯度大,在极限状态时的塑性发展较轴心受

压时更加充分,故采用轴心受压的应力-应变曲线代替偏心受压的应力-应变曲线是偏于安全的。国内外学者提出过多种轴心受压的应力-应变曲线^[12],根据文献[13-14]的研究,粉煤灰砖的塑性较烧结砖要大,综合考虑取曲线的上升段为抛物线^[15],下降段简化为水平直线,以考虑其塑性性能,则应力-应变曲线为

$$\sigma = \begin{cases} f_m [2(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}) - (\frac{\epsilon}{\epsilon_0})^2], & 0 \leq \epsilon \leq \epsilon_0, \\ f_m, & \epsilon_0 \leq \epsilon \leq \epsilon_u, \end{cases} \quad (2)$$

式中, f_m 为砌体抗压强度平均值, ϵ_u 为极限压应变, ϵ_0 为应力达到 f_m 时所对应的应变。

根据上述基本假定,截面上的应力和应变分布如图8所示,由假定1)有

$$\frac{\epsilon_0}{\epsilon_u} = \frac{x_0}{x_u} = \frac{x}{x_u} \quad (3)$$

参考文献[12-14]取 $\frac{\epsilon_u}{\epsilon_0} = 1.6$, 即

$$\frac{\epsilon_0}{\epsilon_u} = \frac{x_0}{x_u} = 0.625. \quad (4)$$

由式(2)~(4),根据截面的静力平衡条件可得

$$N = \int_0^{x_0} f_m [2(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}) - (\frac{\epsilon}{\epsilon_0})^2] b dx + f_m b (x_u - x_0), \quad (5)$$

$$N(\frac{h}{2} + e) = \int_0^{x_0} f_m [2(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}) - (\frac{\epsilon}{\epsilon_0})^2] b (h - x_u + x) dx + f_m b (x_u - x_0) (h - \frac{x_u - x_0}{2}), \quad (6)$$

联立求解(3)~(6)式,得

$$N = 0.792 f_m b x_u, \quad (7)$$

和

$$x_u = 1.217h \left(1 - \frac{2e}{h}\right). \quad (8)$$

容易证明式(8)所表示的受压区高度小于弹性的三角形应力分布图形的受压区高度,大于全塑性的矩形应力分布图形的受压区高度,因而可以认为该式较好的反映了砌体的弹塑性性质。

将(8)式代入(7)式得

$$N = (0.9639 - 1.928 \frac{e}{h}) f_m A = \alpha f_m A, \quad (9)$$

则偏心影响系数为

$$\alpha = 0.9639 - 1.928 \frac{e}{h}. \quad (10)$$

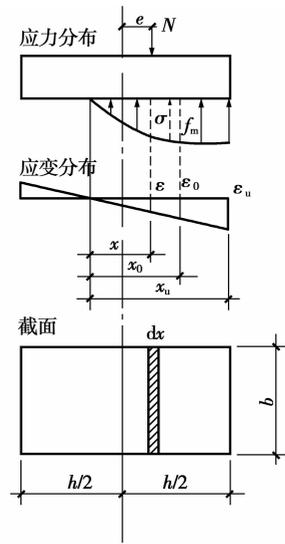


图8 截面分析示意图

2.4.2 极限承载力

式(9)右项形式与现行砌体规范^[6]的砌体偏心受压承载力计算公式一致。规范的砌体抗压强度平均值公式为: $f_m = 0.78 f_1^{0.5} (1 + 0.07 f_2)$, 为与实测值进行比较,式中 f_1 、 f_2 分别取砖和砂浆的实测抗压强度; A 亦取试件实际截面面积。偏心影响系数 α 按式(1)计算所得的偏压承载力记为规范值 N_u^c , α 按式(10)计算所得的偏压承载力记为值 N_u^t , 两者与实测值 N_u^e 的比较列于表5。从表中数据分析可得: 1) 5.6 MPa 砂浆组除有2个实心砖试件试验值约低于规范值外,其余各组试件试验值均高于规范值,总的来看,砂浆强度等级偏低的试验值高于规范值不多,但9.3 MPa 砂浆组多孔砖试件的试验值高于规范值较多,这可能是因为多孔砖孔洞中的砂浆形成了“销键”,这会对强度较低的多孔砖的约束加大,从而提高了砌体的抗压强度。2) 而由式(9)计算的 N_u^t 值均低于规范值 N_u^c , 从分析过程看,合适的应力-应变曲线,包括其关键参数 ϵ_0 、 ϵ_u 和峰值应力 f_m 对理论分析结果至关重要。3) 当 $e/y = 0.6$ 时,规范值以及式(9)计算值与试验值的差距最大,说明该两式还没有反映出此时破坏荷载下降趋势减缓的特征。

表 5 偏压承载力试验值与规范值对比

分组	f_1 / f_2	e / y	N_u^t / kN	f_m^c / MPa	N_u^c / kN	N_u^i / kN	N_u^i / N_u^c	N_u^t / N_u^c	N_u^t / N_u^i
实心砖	16.8/5.6	0.2	281	4.45	349.2	302.5	0.87	0.80	0.93
		0.4	229	4.45	264.6	224.9	0.85	0.87	1.02
		0.6	196	4.45	182.5	146.7	0.80	1.07	1.34
		0.2	276	3.40	263.8	228.6	0.87	1.05	1.21
多孔砖	8.8/6.7	0.4	212	3.40	200.9	170.8	0.85	1.06	1.24
		0.6	173	3.40	141.3	113.6	0.80	1.22	1.52
		0.2	488	5.30	412.0	356.9	0.87	1.18	1.37
实心砖	16.8/9.4	0.4	335	5.30	316.3	268.8	0.85	1.06	1.25
		0.6	282	5.30	222.1	178.6	0.80	1.27	1.58
		0.2	435	3.82	299.3	259.3	0.87	1.45	1.68
多孔砖	8.8/9.3	0.4	319	3.82	231.0	196.4	0.85	1.38	1.62
		0.6	264	3.82	162.9	131.0	0.80	1.62	2.02

2.4.3 偏心影响系数

由于试件材料数量有限,没有进行同条件试件的轴压试验,但笔者其它试验(蒸压粉煤灰砖砌体轴压试验^[14])中仅试件砌筑时间不同,即砂浆的强度不同,而其它条件均相同,故仍然可以采用在文献[14]中提出的蒸压粉煤灰砖砌体轴压平均强度回归公式(11)

$$f_m^i = 0.82 f_1^{0.55} (1 + 0.07 f_2). \quad (11)$$

由此可计算出偏心距为 0 时试件的承载能力 N_u^0 值,与实测各偏心距下的 N_u^t 值进行比较便可得到偏心影响系数试验值 α^t ,即: $\alpha^t = \frac{N_u^t}{N_u^0}$ 。为比较,列出国内外有代表的相关研究结果如下。前苏联规范和英国规范假定截面受压区应力分布图形为矩形,由此推导出 α 计算公式为

$$\alpha = 1 - 2e/h. \quad (12)$$

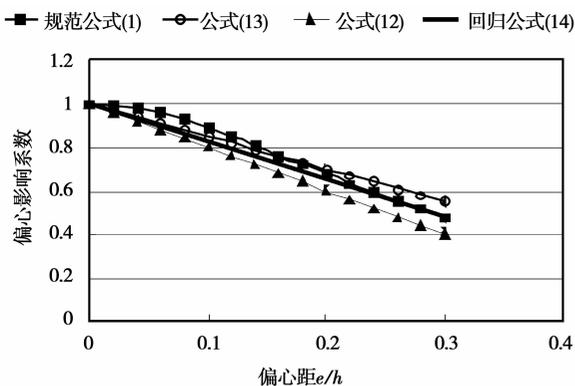


图 9 偏心影响系数曲线

表 6 偏心影响系数比较

e/h	回归值	式(12)	式(13)	规范值
0.1	0.83	0.8	0.85	0.89
0.2	0.66	0.6	0.70	0.68
0.3	0.49	0.4	0.55	0.48

湖南大学根据理论分析和试验研究提出的 α 计算公式为^[12]

$$\alpha = 1 - 1.5e/h. \quad (13)$$

若取 α 与 e/h 为线性关系,由试验值 α^t 回归得(这里 $h = 2y$)

$$\alpha^t = 1 - 1.715e/h. \quad (14)$$

回归分析时剔除了 $e/h = 0.1$ 组中 $\alpha^t = 1.2$ 的异常数据。将回归曲线(14)与曲线(12)、(13)、规范曲线(1)同绘于图 9 中,并将各 α 计算值的比较列于表 6,由图 9 和表 6 可知:1)偏心影响系数规范值略大于回归值,但由于规范的 f_m 值低于于式(11)计算值,因此 2.4.2 节中由规范公式算得的大多数偏心受压承载力仍低于试验值。2)基于截面受压区矩形应力分布图形假定的式(12)最为保守。

3 结 论

1)当相对偏心距 $e/y = 0.2$ 时试件破坏特征与轴压情况十分类似;当 $e/y = 0.4$ 时已表现出偏压破坏特征,直至试件破坏在远离刀口的窄面上都未出现竖向裂缝;而当 $e/y = 0.6$ 时试件则呈现明显的大偏压破坏特征,拉区有数条很宽的水平裂缝,压区的

竖向裂缝出现较晚,主要分布在试件的上部及中部,并没有上下贯通。

2)开裂荷载主要与试件的砂浆强度及偏心距有关,砂浆强度越高开裂荷载越大,偏心距越大则开裂荷载越小;而破坏荷载随试件偏心距的增大逐渐减小, $e/y=0.2\sim 0.4$ 时破坏荷载下降较快, $e/y=0.4\sim 0.6$ 时下降减缓;多孔砖单砖的较大厚度对其砌体受压承载力有利。

3)截面平均应变分布符合平截面假定,大部分试件的偏压承载力试验值高于规范计算值,总的来看,较低砂浆强度等级的试件的试验值高于规范值不多,而较高砂浆强度等级的多孔砖试件试验值高于规范值较多。

4)理论分析的探讨表明,只要选取了合适的应力-应变曲线和关键参数,通过理论分析来估计砌体的偏心受压承载力是可行的。

5)通过试验数据回归分析得到偏心受压影响系数公式(14),该式的计算值略低于规范值,若维持现行规范的抗压强度平均值 f_m 和偏心受压影响系数 α 计算公式不调整,则采用现行规范公式计算蒸压粉煤灰砖砌体的偏心受压承载力是可行的。

参考文献:

- [1] 钱义良. 砌体结构研究论文集[M]. 长沙:湖南大学出版社,1989:132-141.
- [2] 施楚贤. 砌体结构研究论文集[M]. 长沙:湖南大学出版社,1989:142-152.
- [3] LIBORIO C, ANDREA F, LIDIA L M, et al. Experimental and analytical response of masonry elements under eccentric vertical loads [J]. *Engineering Structures*, 2005, 27(8): 1175-1184.
- [4] BRENCICH A, GAMBAROTTA L. Mechanical response of solid clay brickwork under eccentric loading, part I: unreinforced masonry [J]. *Materials and Structures*, 2005, 38 (276): 257-266.
- [5] DHANASEKAR R, FERROZKHAN M, DHANASEKAR M, et al. Behaviour of dry stack concrete masonry blocks under eccentric compression [C] // 14th International Brick and Block Masonry Conference, February 17-20, 2008, Sydney, Australia. Sydney, Australia: [s. n.], 2008: 427-436.
- [6] 中国建筑东北设计研究院. GB50003—2001 砌体结构

设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.

- [7] 李先林,程才渊,吴明瞬. YTONG 轻砂加气混凝土砌体轴心及偏心受压构件受力性能的研究[J]. *四川建筑科学研究*, 2003, 29(1): 60-63.
- LI XIAN-LIN, CHENG CAI-YUAN, WU MING-SHUN. A study of the performance of YTONG aerated concrete block walls subjected to axial and eccentric compression [J]. *Building Science Research of Sichuan*, 2003, 29(1): 60-63.
- [8] 唐岱新,王广才,巩超. 浮石混凝土小型空心砌块砌体偏心受压时偏心影响系数的研究[J]. *哈尔滨建筑工程学院学报*, 1985(1): 38-43.
- TANG DAI-XIN, WANG GUANG-CAI, GONG CHAO. The test and analysis of small pumice concrete hollowed-block masonry under eccentric compression load [J]. *Journal of Harbin University of Civil Engineering and Architecture*, 1985(1): 38-43.
- [9] 中华人民共和国国家标准. GB/T2542—2003 砌墙砖试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [10] 四川省建设委员会. GBJ129—90 砌体基本力学性能试验方法标准[S]. 河北:河北美术出版社,1991.
- [11] 林文修,夏克勤. 砌体的偏心受压试验[J]. *四川建筑科学研究*, 1995(1): 4-7.
- LIN WEN-XIU, XIA KE-QIN. The test of masonry eccentric compression [J]. *Building Science Research of Sichuan*, 1995(1): 4-7.
- [12] 施楚贤. 砌体结构理论与设计第2版[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [13] 侯汝欣,梁爽. 粉煤灰砖砌体力学性能的研究[J]. *四川建筑科学研究*, 1993(3): 16-18.
- HOU RU-XIN, LIANG SHUANG. The research of fly ash brick masonry on the mechanical properties [J]. *Building Science Research of Sichuan*, 1993(3): 16-18.
- [14] 倪校军,秦士洪,曹恒铭,等. 蒸压粉煤灰砖砌体抗压强度试验研究[C] // 2007年全国砌体结构与材料基本理论及工程应用学术会议, 2007年12月6-8日,黑龙江省哈尔滨市. 北京:中国城市出版社,2007: 135-138.
- [15] HODGKINSON H R, DAVIES S. The stress/strain relationship of brickwork when stressed in direction other than normal to the bed face [C] // *Proceedings of the 6th international conference on brick masonry*, May 1982, Rome. Rome: [s. n.], 1982: 290-299.

(编辑 赵静)