

文章编号:1671-6833(2009)04-0018-04

黄河淤泥多孔砖砌体中长柱构件受压变形研究

刘伟,童丽萍

(郑州大学 土木工程学院,河南 郑州 450001)

摘要:按照正交设计方法设计了18个黄河淤泥多孔砖中长柱构件,通过抗压试验,得到了各构件的试验承载力和变形数据.研究了砂浆强度、高厚比和偏心距等因素对构件在竖向荷载作用下承载力和变形性能的影响.结果表明,偏压构件的变形主要受高厚比和偏心距的影响,其截面变形基本符合平截面假定.根据构件内外力平衡的原则,对偏压构件截面变形规律进行了验证,验证结果表明所描述的试件截面变形规律真实可靠.

关键词:黄河淤泥多孔砖;长柱;抗压试验

中图分类号: TU 522.1⁴

文献标识码: A

0 引言

黄河淤泥承重多孔砖采用黄河中下游河道内沉积的淤泥为原料,满足“禁实”后建筑市场对承重墙材的大量需求,对沿黄流域的墙体改革意义重大^[1].

目前对于黄河淤泥多孔砖的研究集中在材料物理性能和基本力学性能方面,研究表明,黄河淤泥多孔砖承载力能够满足要求,破坏时脆性性质明显.对于黄河淤泥多孔砖中长柱构件受压的研究较少.通过对18个黄河淤泥承重多孔砖砌体中长柱构件进行的受压试验,文献[2]从正交试验的角度探讨了试验影响因子的关系;文献[3]对试件的试验现象进行了总结;文献[4]得到了试件偏心受压的应力-应变关系,并对其变形性能进行了初步总结.

笔者在上述研究的基础上,进一步讨论了试件的变形性能,着重探讨了砂浆强度、高厚比和偏心距等因素对试件应力-应变规律的影响.结果表明,黄河淤泥承重多孔砖砌体中长柱构件轴心受压时砂浆灰缝的变形达到试件变形的86.1%;偏压构件的变形主要受高厚比和偏心距的影响,其截面变形基本符合平截面假定.

1 试验概述

本试验综合考虑了砂浆强度、高厚比、偏心距

3个因素的影响,用正交试验设计方法设计了两组共18个黄河淤泥承重多孔砖中长柱构件进行了受压试验.试件截面尺寸为240 mm×240 mm,试件规格及有关试验数据见表1.

在试验过程中,试件的破坏经历了裂缝出现、裂缝发展和破坏3个阶段^[3].

通过对表1中的数据进行整理,可知对于轴心受压构件($e=0$), P_{cr}/P_u 的平均值 $X=0.72$,变异系数 $\delta=0.20$; P_u/P_u' 的平均值 $X=0.988$,变异系数 $\delta=0.285$.对于偏心受压构件 P_{cr}/P_u 的平均值 $X=0.64$,变异系数 $\delta=0.161$; P_u/P_u' 的平均值 $X=1.37$,变异系数 $\delta=0.219$.其中SJ9-A、SJ9-B两个试件是轴心受压试件,它们的高厚比较大($\beta=6.2$),试验中由于受试验室条件的限制,加载点难以保证完全处于截面形心,致使试件截面上出现了偏心弯矩,使得试件承载力明显偏低.

通过对于表1中的数据分析可知,黄河淤泥承重多孔砖受压构件的承载能力能够满足按照砌体受压承载力计算公式计算得到的理论值,承载能力可靠.

2 试件变形分析

2.1 轴压构件的变形

对于普通砌体构件来说,受压时构件的竖向变形主要集中在灰缝中.相关试验表明,灰缝中的

收稿日期:2009-05-08;修订日期:2009-07-11

基金项目:河南省杰出人才创新基金项目(0621001000)

作者简介:刘伟(1970-),男,河南南阳人,郑州大学副教授,博士研究生,主要从事结构新材料和新体系研究,E

-mail:liuwei@zzu.edu.cn.

表1 黄河淤泥承重多孔砖试件设计及承载力数据表
Tab.1 The table of specimen design and capacity data

试件	砂浆强度 /MPa	高厚比 $\beta = H_0/h$	偏心距 e/y	P_{cr}/kN	P_u/kN	P_{cr}/P_u	理论极限承载力	P_u/P'_u
							P'_u/kN	
SJ1-A	5.0	3.3	0	277	305	0.91	217	1.41
SJ2-A	5.0	4.5	0.25	230	277	0.83	160	1.73
SJ2-B	5.0	4.5	0.25	194	249	0.78	160	1.56
SJ3-A	5.0	6.2	0.50	100	196	0.51	100	1.96
SJ4-A	7.5	3.3	0.50	117	170	0.69	116	1.47
SJ4-B	7.5	3.3	0.50	111	153	0.73	116	1.32
SJ5-A	7.5	4.5	0	147	225	0.65	223	1.01
SJ5-B	7.5	4.5	0	191	236	0.81	223	1.06
SJ6-A	7.5	6.2	0.25	86	158	0.54	158	1.00
SJ6-B	7.5	6.2	0.25	107	190	0.56	158	1.20
SJ7-A	10.0	3.3	0.25	159	265	0.60	204	1.30
SJ7-B	10.0	3.3	0.25	119	205	0.58	204	1.00
SJ8-A	10.0	4.5	0.50	92	148	0.62	128	1.16
SJ8-B	10.0	4.5	0.50	104	173	0.60	128	1.35
SJ9-A	10.0	6.2	0	98	185	0.53	249	0.73
SJ9-B	10.0	6.2	0	129	184	0.70	249	0.73

注: SJ1-B、SJ3-B 两个试件在试验或运输过程中出现异常, 表1不再列出。

变形大约占到构件总变形的 80% ~ 90%。在本次试验中, 调整了轴心受压构件两个方向变形测量的标距, 一个方向的标距取为 4 个灰缝长度, 另一个方向的标距取为 3 个灰缝长度 (详见图 1)。通过两个不同的标距量测出两个不同范围内的变形, 两个变形差反映出一个灰缝范围内的变形值, 将其与试件的整体变形相比较, 可以反应一个灰缝变形占整体变形的比例。通过试验数据计算分析, 黄河淤泥承重多孔砖轴压构件灰缝变形占到整体变形的 86.1%, 符合普通砌体构件的变形规律。这说明虽然多孔砖材料截面由于开孔削弱, 但其厚度比普通砌体增加, 其刚度远远大于砂浆的刚度, 轴压时试件变形仍然集中在灰缝部位。

2.2 偏压构件的截面变形分析

本次试验在构件的上中下 3 个高度位置粘贴应变片以量测构件在偏心荷载作用下的变形, 在每个水平截面上共布置 8 个应变片 (详见图 1)。截面上的每一个应变片可以反映截面上相应位置处的应变值。以试件截面的中心为原点, 试件偏心荷载一侧为坐标的负方向, 应变 ($\times 10^{-6} mm$) 为纵坐标, 可以绘制出反映试件截面上的应变分布的四点折线图, 其中试件 SJ4-A 中截面应变变化四点折线图如图 2 示。对图 2 的曲线进行多项式拟合, 得到应变片位置和应变变化之间的函数关系式 (表 2), 从拟合结果看, 构件截面应变变化规

律以线性变形为主, 基本满足平截面假定^[4]。

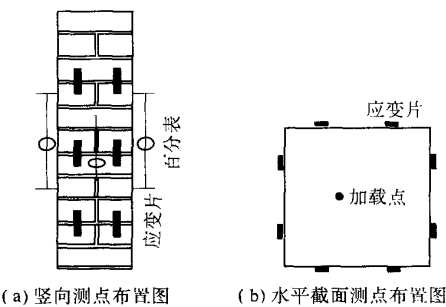


图1 试件竖向测点和水平截面测点布置图
Fig.1 The location of vertical measuring point and horizontal measuring point

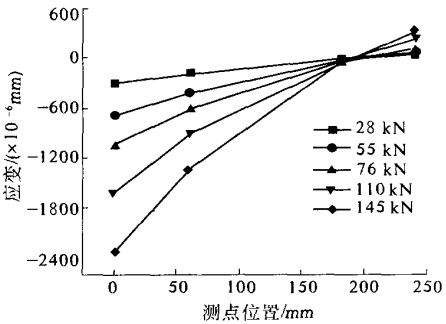


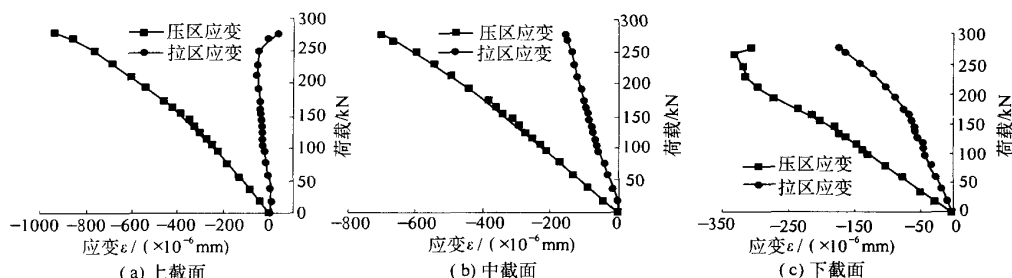
图2 试件 (SJ4-A) 截面应变四折线图
Fig.2 Tour folded line of section deformation (SJ4-A)

表 2 试件(SJ4-A)截面应变拟合表达式

Tab.2 Expression of the fitting curve of the section deformation of SJ4-A

荷载/kN	应变变化规律函数 $\varepsilon(x)$
28	$\varepsilon(x) = -0.000001x^3 - 0.0016x^2 + 1.52x - 297$
55	$\varepsilon(x) = -0.000015x^3 - 0.0006x^2 + 4.13x - 678$
76	$\varepsilon(x) = -0.000008x^3 - 0.015x^2 + 8.01x - 1042$
110	$\varepsilon(x) = -0.000032x^3 - 0.032x^2 + 13.44x - 1623$
145	$\varepsilon(x) = -0.000025x^3 - 0.037x^2 + 18.32x - 2322$

注: ε 为砌体的应变; x 为应变片的坐标位置。

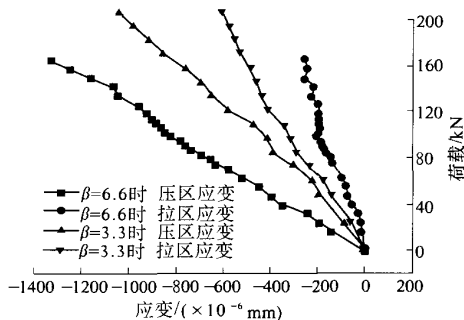
图 3 试件(SJ4-A)上、中、下截面 $N-\varepsilon$ 关系图Fig.3 $N-\varepsilon$ relational graph of each section (SJ4-A)

3.1 砂浆强度的影响

砂浆强度不同对于试件承载力有显著的影响(见表1).对于轴心受压试件来讲,压应变主要集中在砂浆灰缝内.对于偏心受压构件,砂浆强度的变化对砌体变形和破坏形态影响不大.

3.2 高厚比的影响

根据试验数据绘制了偏心距相同高厚比不同试件的截面应变变形图如图4所示.对比可以发现,随着高厚比 β 的增大,试件受拉和受压两个边缘的应变差值变大,同时构件承载力降低(见表1).这是由于随着高厚比 β 的增加,试件受压变形时截面中线逐渐远离荷载作用线,在试件截面上产生一定的附加偏心距,附加偏心距的出现改变了截面应力分布,使试件破坏更具突然性.因此,工程中必须限制受压构件的高厚比.

图 4 截面应变随 β 变化图Fig.4 The relational graph of strain and β

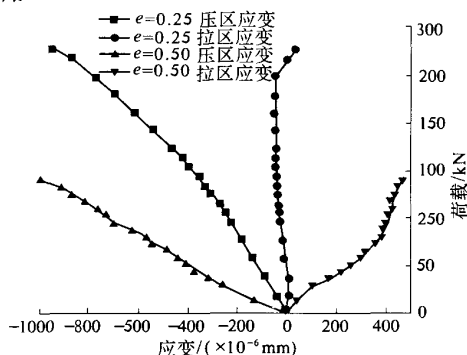
沿试件不同高度的截面上,绘制了试件的 $N-\varepsilon$ 图(图3),从图3中可以看出,随着截面高度降低,截面上的受拉区与受压区逐渐靠拢,截面受力趋于均匀.

3 影响试件受力与变形的各因素分析

对于砌体中长柱构件,受压时影响受力和变形的因素有砂浆强度、高厚比和偏心距等,对变形影响较大的是高厚比 β 和偏心距 e/y .

3.3 偏心距的影响

由于偏心距大小影响到试件截面的应力分布,因此随着偏心距的增大,试件受拉和受压两个边缘的应变差值变大.在本次试验中, e/y 为 0.25 和 0.50 的两组试件受拉边缘应变变化相差较大,当 $e/y = 0.25$ 时,试件截面接近出现拉应变,当 $e/y = 0.5$ 时,试件受拉边的拉应变变明显(见图5).受拉边拉应变的出现会造成截面拉区变形,甚至出现开裂,造成截面有效面积减小,使构件承载力降低.

图 5 截面应变随 e 变化关系图Fig.5 The relational graph of strain and e

4 试件分析结果验证

在通过试验数据整理得出试件截面应变分布的基础上,根据应力-应变关系,可以建立截面上

的应力分布规律.当构件受力时,外内力的作用应该是平衡的.这可以作为检验试件截面应力-应变分布是否合理的条件.由此,用数值积分的方法对试件截面应力进行了合力与合力矩计算,分别计算出各试件内力的合力与合力矩,与外力产生的外力与外力矩进行比较(表 3).计算结果表明,拟合值与试验值相比较,内外力均值相差 17.5%,内外力矩均值相差 13.9%,说明试验得到的截面应力-应变关系曲线基本上能够满足内外力平衡条件.

表 3 试件 SJ3-A 内力试验值和积分值对比表

Tab.3 The table of experimental data and integral data of internal force (SJ3-A)

截面位置	荷载试验值/kN	荷载积分值/kN	合力矩试验值/(kN·m)	合力矩积分值/(kN·m)
上截面	50	53.83	3.0	2.31
	80	92.30	4.8	4.60
	120	133.20	7.2	9.20
中截面	50	59.93	3.0	2.41
	80	104.40	4.8	4.73
	120	134.80	7.2	9.53
下截面	50	58.90	3.0	2.66
	80	107.70	4.8	4.87
	120	136.50	7.2	9.75

5 结论

(1)黄河淤泥承重多孔砖砌体轴压变形时砂浆灰缝的变形占总变形的 86.1%,符合普通黏土

砖砌体轴压变形的一般规律.

(2)黄河淤泥承重多孔砖偏心受压构件在偏心荷载作用下截面变形基本符合平截面假定.

(3)黄河淤泥承重多孔砖偏心受压构件的变形受高厚比和偏心距影响较大.当 $e/y=0.25$ 时,截面受拉边缘出现拉应变.

(4)通过理论分析证实,黄河淤泥承重多孔砖偏压试件的截面应力应变规律可以满足内外力平衡条件,说明通过试验所得到的截面变形规律是可靠的.

参考文献:

[1] 童丽萍,吴本英.利用黄河淤泥研制承重烧结多孔砖[J].新型建筑材料,2003,(11):26-27.

[2] 童丽萍,熊凤鸣,刘 伟.黄河淤泥多孔砖砌体正交试验的设计及分析[J].郑州大学学报:工学版,2007,28(3):1-4.

[3] 童丽萍,豆海涛,刘 伟.黄河淤泥承重多孔砖砌体中长柱抗压性能[J].新型建筑材料,2007,(5):52-55.

[4] 童丽萍,马跃强,刘 伟.黄河淤泥多孔砖砌体中长柱偏心受压变形性能试验研究[J].新型建筑材料,2007,(10):63-66.

[5] 中华人民共和国建设部.GB50003-2001 砌体结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2001.

[6] 朱伯龙.砌体结构设计原理[M].上海:同济大学出版社,1991.

[7] 施楚贤.砌体结构理论与设计[M].第二版.北京:中国建筑工业出版社,2003.

Experiment Study on Mechanics and Deformation Performance of Samples with Yellow River Silt Cellular Bricking Structures Subjected to Compression

LIU Wei, TONG Li-ping

(School of civil engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: 18 members of slender high column made of Yellow River cellular brick are made based on orthogonal experiment. By the means of compressive test, the limit bearing power and strain data of each member are obtained. Through measurement, the influence of mortar strength, eccentricity and ratio of width-thickness is studied. The result indicates that the major factors of the deformation of eccentric compressive members are eccentricity and ratio of width-thickness and the section deformation of these members can meet the assumption of plane section. According to the rule of interior and exterior force equilibrium, section deformation of eccentric compressive members is verified. It shows that the regularity is reliable.

Key words: Yellow River silt load-bearing porous; long column; compression test