

文章编号:1000-582X(2007)03-0136-05

烧结页岩多孔砖砌体的局部非均匀受压性能*

秦士洪, 刘小勤, 骆万康, 黄文
(重庆大学 土木工程学院, 重庆 400030)

摘要:为了解矩形条孔烧结页岩多孔砖砌体的非均匀局部受压性能,进行了梁端无约束和有约束2种局部受压情况下18个试件的试验研究,分析了破坏形态及受力机理,推导了局压应力图形完整系数,并对比分析了局压承载力的理论值与实测值.结果表明:墙段端部局压受力较边缘局压有利;沿局压边界产生的通长竖向裂缝大大削弱了“内拱卸荷”的有利作用;多孔砖砌体按现行规范计算有效支承长度值是偏于安全的.试验研究结果和建议可供承重多孔砖砌体结构设计和规范修订参考.

关键词:烧结页岩多孔砖;非均匀局部受压;有效支承长度;局压承载力

中图分类号:TU362

文献标识码:A

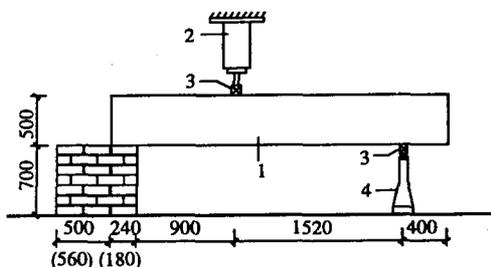
文献[1]对多孔砖砌体局部均匀受压的试验研究表明,多孔砖由于其孔洞构造特点,明显削弱了非局压砌体的围箍作用和力的扩散作用,以致其砌体的均匀局压承载力低于实心砖砌体.在局部非均匀受压情况下是否有类似的结论?现行砌体规范^[2]的公式是否仍然适用于多孔砖砌体?为此,对梁端无约束和有约束情况下支承处的非均匀局部受压进行了试验研究.

1 试件及试验装置

试件用砖和砌筑砂浆同文献[1],试件分组见表1.表中一种局压情况是大梁支撑在墙体的端部,梁宽(局压面积)同墙体宽;另一种是大梁支撑在砌体的边缘(如大梁支撑在砌体柱上).该试件砌体的强度 f_m 较高,分别为 10.26 N/mm^2 和 11.08 N/mm^2 .图1为无上部墙体约束情况的梁端局压试验装置.为使加载梁有较大的跨中挠度和梁端转角,采用单点加载.试验加载参考文献[3],按每级 100 kN 分级施加,每级在 $1 \sim 1.5 \text{ min}$ 内均匀加完,持荷 3 min 后再施加下一级.每级加荷后,通过右支座的螺旋千斤顶和水平尺控制加载梁的水平标高.局压荷载通过加载千斤顶下和右支座上的压力传感器读数可以计算得到.试件破坏前达到的最大荷载即为破坏荷载值.

表1 试件设计分组

局压情况	截面尺寸/mm	试件数量/个		
		无上部墙体约束	上部墙体约束	
			σ_0/f_m	
		0.2	0.3	
墙体端部	240 × 740	3	3	3
墙柱边缘	370 × 740	3	3	3



1. 加荷梁 2. 加荷千斤顶 3. 荷载传感器 4. 可调螺旋千斤顶
图1 梁端无上部墙体局压装置

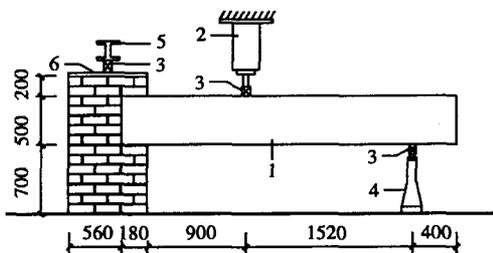
图2为有上部墙体约束情况的梁端局压试验装置,与图1基本相同.通过拧紧加载工字钢梁的地锚杆螺丝来施加上部墙柱下传的荷载.在梁底砌体的竖向灰缝中埋置特制应变计,以测试受局压砌体的竖向受压变形和梁端有效支承长度.

* 收稿日期:2006-11-19

基金项目:重庆市建委科研项目(城科学2000第10号)

作者简介:秦士洪(1954-),男,重庆大学副教授,主要从事结构工程教学和研究,电话(Tel.):023-65121990;

E-mail: qinshihong_1@163.com.



1. 加荷梁 2. 加荷千斤顶 3. 荷载传感器
4. 可调螺旋千斤顶 5. 地锚工字钢架 6. 钢板

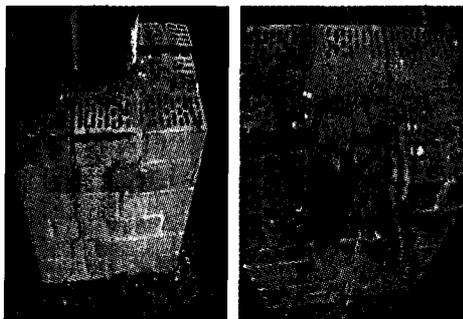
图2 梁端有上部墙体局压装置

2 破坏过程、形态及受力机理

梁端支承处砌体局部受压是最常见的局部非均匀受压形式,其受力特点为:梁在受荷载弯曲时梁端产生转角,而可能有部分梁底与下面砌体脱离,致使有效支承长度 a_0 小于梁端在砌体中的搁置长度 a ;当梁支承在砌体墙、柱高度中部的某个位置上时,梁端支承处砌体除受到梁端传来的局部压力作用外,还有上部砌体下传的荷载 N_0 ,同时梁端还受到砌体墙或柱的约束。

2.1 无上部墙体约束时的破坏形态

1) 初始裂缝往往发生在梁端支承处角部应力集中区,向下延伸成竖向裂缝。随着荷载不断增大,裂缝向下发展,逐渐加宽。临近破坏时,形成贯通底部的裂缝,将试件分离成多个小柱体,最终因其失稳或被压溃而破坏,这是较多的一种破坏形式,如图3(a)所示墙柱边缘局压破坏形态一。



(a) 破坏形态一 (b) 破坏形态二

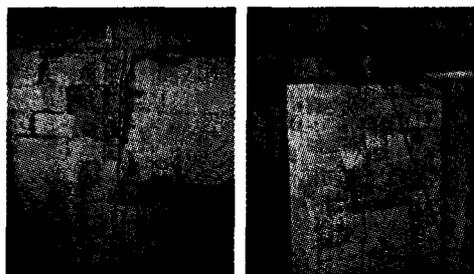
图3 无上部墙体约束时破坏形态

2) 由于梁端支承面较小,多孔砖的孔洞结构使压力扩散削弱,在梁底第一匹砖块中首先开裂。随着荷载增加,裂缝继续往下发展,并出现许多新裂缝,亦有裂缝贯通底部,最后局压处砌体被压碎而破坏,如图3(b)所示墙柱边缘局压破坏形态二。

2.2 有上部墙体约束时的破坏形态

根据上部约束情况的不同而又有不同的破坏形式。

1) 墙体端部局压试验中观察到,随梁上荷载增加,梁的变形及梁端底部的砌体局压变形增大,梁尾端面出现脱离区且梁端有上翘现象,致使上部墙体传来的荷载一部分压在梁端上形成一定的约束,另一部分则通过墙体的悬臂作用而卸荷,这从试验测试的梁端底面砌体内的应变中也反映出来。梁端上翘在该处砌体中产生应力集中,加之多孔砖的孔壁、孔肋在复合受力作用下极易开裂,从而在梁尾处形成向上和向下的竖向裂缝。随着梁上的荷载进一步增大,梁尾端面脱离区的面积也逐渐扩大,以致最终与砌体完全分开,此裂缝向上下继续发展与先出现的梁角处裂缝连通,但尚未贯穿上部砌体,如图4(a)所示。由于裂缝的出现而产生了应力重分布,部分上部荷载由“悬臂卸载作用”传递到下部砌体。临破坏前,梁尾端面与砌体完全



(a) 端部局压裂缝图 (b) 边缘局压外侧裂缝图

图4 有上部墙体约束时破坏形态

脱开(缝宽约10~30 mm),此时可认为上部墙体荷载主要通过墙体的悬臂作用卸至下部砌体,而最终的破坏形态与无上部墙体约束时的破坏形态一类似。

2) 墙柱中部边缘局压试验中,随荷载的加大,同样在梁尾产生了向上和向下的竖向裂缝,墙体靠梁跨内侧下边砖表皮剥落,内外两侧出现相对的竖向裂缝,表明裂缝已贯通墙体,因而削弱了有利的“内拱卸载作用”,如图4(b)所示。临近破坏时,贯通裂缝加长加宽,使墙体沿裂缝断开,形成只有半边墙体支承上部梁的情形,最终梁下砌体小柱体因失稳或砌体局部被压碎而破坏。整个试验中未观察到梁端顶面脱离砌体的现象,说明上部墙体荷载仍可通过梁顶面传递。由试验数据可知,上部荷载对砌体的局压强度是有影响的,且局压形式不同,影响程度也有所不同(见图6)。

2.3 局部非均匀受压的工作机理

当有上部砌体约束时,一般认为当 σ_0/f_m 不太大时,随着梁传来荷载 N_l 逐渐增大,梁端顶面逐渐与上部砌体脱开,原作用在梁端顶面的上部荷载以“卸载拱”的形式传至两侧砌体(图5),临近破坏时,出现梁顶面与砌体完全脱开。梁端两侧砌体压应力由于梁上砌体的卸荷而增大,使梁底周围的非局压砌体的压应

力亦相应增大,从而增强了对局部受压面积内砌体的“套箍作用”.此外当 σ_0/f_m 较大时,上部砌体压缩变形增大,对梁端的约束作用相应加强,使得支承长度增大.若梁传来 N_l 相对较小,梁下砌体的压缩变形亦较小,这时梁顶面不再与砌体脱开,内拱以及悬臂卸荷作用减弱.然而由于多孔砖砌体的竖向灰缝较高,砂浆不易饱满;孔洞间的内壁较薄;截面不连续等,使力的扩散受阻,因此砌体容易沿孔壁断裂开,形成竖向贯通裂缝.如前所述,在墙段中部边缘局压破坏过程中,砌体一旦开裂,裂缝便直通到试件底部和顶部,从而极大地削弱力的扩散作用和有利的内拱作用,这与以往普通实心砖砌体的试验结果有所不同,因此在局压承载力计算时,为偏于安全计不宜考虑内拱作用或卸荷作用.

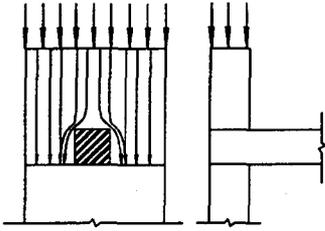


图5 内拱卸荷作用

3 梁端有效支承长度

梁直接支承在砌体上的“有效支承长度 a_0 ”有可能等于或小于梁端在砌体中的搁置长度 a , a_0 的取值将直接影响砌体的局部受压承载力.假定梁端局压范围内砌体的竖向压缩变形 y 呈线性变化,在梁跨方向的内侧边缘处竖向变形最大,为 $y_{\max} = a_0 \tan \theta$ ($\tan \theta$ 为梁变形时梁端底部轴线倾角的正切),对应的应力为 $\sigma_{\max} = ky_{\max}$ (k 为砌体的压缩刚度);当 $a_0 \leq a$ 时,由局压面的力平衡条件 $N_l = \eta \sigma_{\max} a_0 b$ 可推得:

$$a_0 = \sqrt{\frac{N_l}{\eta \kappa b \tan \theta}}, \quad (1)$$

通过实测 a_0 、 N_l 、 $\tan \theta$ 即可求得 $\eta \kappa$.原哈尔滨建工学院根据7组20根试件的试验结果得到^[4]:

$$a_0 = 38 \sqrt{\frac{N_l}{b f_m \tan \theta}}, \quad (2)$$

此即88规范^[5]中 a_0 的计算公式,在此基础上现行规范^[2]进行简化后得到:

$$a_0 = 10 \sqrt{\frac{h_c}{f}}. \quad (3)$$

局部受压应力分布图形与砌体的应力-应变关系图呈仿射关系,近似取破坏时边缘压应变为砌体轴压的平均峰值应变 ε_0 ,相应的压应力 σ_{\max} 为 f_m ,由下述

多孔砖砌体受压应力-应变关系^[6]可求得局压应力图形完整系数 η 值:

$$\text{当 } 0 < \frac{\sigma}{f_m} \leq 0.4 \text{ 时,}$$

$$\frac{\sigma}{f_m} = 3.81 \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}, \quad (4)$$

$$\text{当 } 0.4 < \frac{\sigma}{f_m} \leq 1.0 \text{ 时,}$$

$$\frac{\sigma}{f_m} = 0.24 - 0.13 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2 - 1.31 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^{-0.197} \quad (5)$$

根据局压面的力平衡条件有:

$$N_u = \eta a_0 b f_m = \int_0^{a_0} \sigma(x) dx \quad (6)$$

采用分段积分,可得: $N_u = 0.797 a_0 b f_m$,即应力图形完整系数 $\eta = 0.797$,较文献[4]的 η 值0.7偏大.由于烧结页岩煤矸石多孔砖的强度高而塑性较差,其 η 值较大,似应合乎逻辑.

虽然此试验测试的 a_0 值较为离散,难以作为推导 a_0 计算公式的依据,但大部分测试数据表明, a_0 大于实际支承长度 a ,即按局压砌体的竖向压应变呈线性变化的假定根据测试数据延伸得到的零应变点位于梁支承面以外,这与试验采用的加载梁刚度较大、且砌体的强度也较高有关.此情况超出了式(2)的适用范围($a_0 \leq a$),因此式(2)可视为偏于安全的下限值.为验证,下面分别取 a_0 为规范计算值、以及实际支承长度 a 来计算局压承载力,并与实测局压承载力进行比较.

4 非均匀局压承载力

砌体规范^[2-5]要求砌体的非均匀局压承载力满足:

$$\psi N_0 + N_l \leq \eta \gamma f A_l, \quad (7)$$

该公式物理意义明确,但根据此试验宜不考虑对上部荷载 N_0 折减,故取式中 ψ 为1.

式(7)右边即非均匀局压承载力:

$$N_u = \eta \gamma f A_l = \eta \gamma f a_0 b. \quad (8)$$

若取 $f = 0.48 f_m$ ^[7],则式(2)、式(3)可表达为:

$$a_{01} = 54.85 \sqrt{\frac{N_l}{b f_m \tan \theta}}, \quad (9)$$

$$a_{02} = 14.43 \sqrt{\frac{h_c}{f}}. \quad (10)$$

4.1 无上部墙体约束时的局压承载力

按式(8)计算局压承载力 N_u 时 γ 采用文献[1]的建议公式, η 取0.75;按式(9)计算时 N_l 取用实测值 N_u , $\tan \theta$ 采用计算值,并考虑试验时混凝土加载梁已出

现裂缝,其刚度减小,取梁刚度 $B \approx 0.5E_cI_c$,加载梁混凝土强度等级为C35,计算结果见表2.表中 a_{02} 远小于 a_{01} ,由于式(3)简化条件与本试验条件不一致,故 a_{02} 缺乏可比性.此外 a_{01} 值实际上与荷载 N_u^* 无关,这是因为 $\text{tg}\theta$ 与荷载成线性关系,在式(2)中与梁端支反力 N_l

相消,所以式(2)实际上没有反映 N_l 的变化.这从表2中可以看到 a_{01} 值并未随 N_u^* 变化.由于 a_{01} 值均大于实际支承长度 a ,故应取 $a_{01} = a$,表中按此计算的 N_u^* 均小于实测值 N_u^* ,表明偏于安全.

表2 无上部墙体约束时局压承载力 ($f_m = 10.26 \text{ N/mm}^2$)

局压情况	试件组别	局压面积 $a \times b/\text{mm}^2$	计算值 $\text{tg}\theta \times 10^{-2}$	88 规范 a_{01}/mm	现行规范 a_{02}/mm	建议值 γ	实测值 N_u^*/kN	$a_{01} = a$ N_u^*/kN	$\frac{N_u^*}{N_u^*}$
端部局压	a	227 × 234	0.794 6	264	101	1.232	472.20	503.57	0.94
	b	240 × 236	1.364 9	264	101	1.224	811.10	533.47	1.52
15 组	c	240 × 237	0.937 8	264	101	1.223	557.30	535.30	1.04
边缘局压	a	180 × 250	1.284 0	269	101	1.496	792.00	518.03	1.53
	b	180 × 250	0.944 2	269	101	1.486	582.40	518.03	1.12
16 组	c	180 × 250	1.062 7	269	101	1.496	655.50	518.03	1.27

说明:15组的 N_u^*/N_u^* 的平均值为 1.17,16组的 N_u^*/N_u^* 的平均值为 1.31.

4.2 有上部墙体约束时的局压承载力

梁端有上部砌体墙、柱约束时,关于上部传下的荷载 N_0 对局压承载力的影响存在3种意见:1)从叠加原理出发,考虑作用在梁端有效局压面积范围内的 N_0 ($N_0 = \sigma_0 A_l$);2)认为上部墙体存在内拱作用,因而无需考虑上部荷载的影响;3)考虑到梁端转动上翘,因而梁端顶面吸引了砌体扩散角范围内所有的上部荷载.

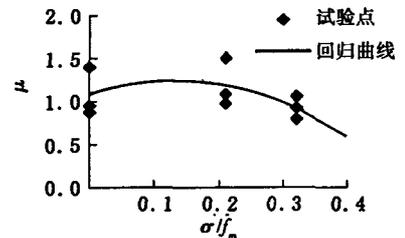
上部荷载对梁端局压承载力的影响可通过实测 N_{lu}^* 与 $A_l f_m$ 的比值变化来反映,令 $\mu = \eta\gamma = \frac{N_{lu}^*}{A_l f_m}$,式中 A_l 取标志局压面积 $a \times b$, N_{lu}^* 中不包括墙体传下 N_0 . 各组试验的 μ 值见表3.

表3 非均匀局压 μ 值

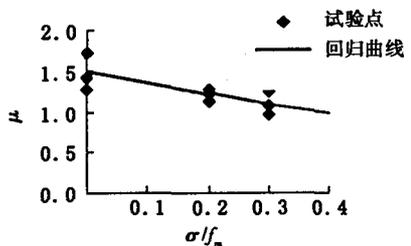
局压位置	试件组别	应力比 σ_0/f_m	μ
端部局压	15-a	0.00	0.866
	15-b	0.00	1.396
	15-c	0.00	0.955
	17-a	0.21	1.076
	17-b	0.21	1.506
	17-c	0.21	0.969
	18-a	0.32	0.929
	18-b	0.32	0.777
	18-c	0.32	1.051
边缘局压	16-a	0.00	1.715
	16-b	0.00	1.261
	16-c	0.00	1.420
	19-a	0.20	1.274
	19-b	0.20	1.132
	19-c	0.20	1.225
	20-a	0.30	1.084
	20-b	0.30	0.963
	20-c	0.30	1.226

将各组 μ 作二次曲线回归,与 σ_0/f_m 的关系如图6

所示.由图可见上部荷载对梁端局压承载力是有一定影响的,在图6(a)中,当 $\sigma_0/f_m \approx 0.15$ 时,出现了 μ 的峰值,但大于无上部荷载时的 μ_0 值不多,之后呈明显下降趋势,大约在 $\sigma_0/f_m \approx 0.3$ 时, $\mu \approx \mu_0$. 这并非偶然,



(a) 端部局压



(b) 边缘局压

图6 $\mu - \sigma_0/f_m$ 曲线

前面已指出,砌体局压破坏首先是由于砌体横向抗拉能力不足产生竖向裂缝而开始的,即 σ_0 的存在及梁顶砌体的“悬臂卸载作用”可能增加砌体的横向抗拉能力,从而提高局压承载力.然而随着 σ_0 的增加,内拱作用逐渐削弱; σ_0/f_m 更大时,局压面以下砌体则渐趋于轴心受压的应力状况.在边缘局压的图6(b)中,可以看到, μ 值随着增大呈下降趋势,即 $\mu < \mu_0$,可见边缘局压承载力是随着 σ_0/f_m 增大而降低的.这与边缘局压试验中没有明显的“内拱卸载作用”现象一致.

表4、表5表示有上部墙体约束时局压承载力实测值 N_u^s 与理论值计算值 N_u^j 的对比, 实测值 N_u^s 中包含 N_0 ($N_0 = \sigma_0 A_l$, $A_l = a_0 b$, $a_0 = a$), 其它各符号的含义同表2. 表中按88规范的计算的局压承载力均小于实

测值 N_u^s , 其中表4中 N_u^s/N_u^j 平均值为1.4, 大于表5中平均值1.25, 再次说明了端部局压受力较边缘局压有利. 这与文献[4]中试验结果不一致, 值得注意。

表4 有上部墙体约束时端部局压承载力 ($f_m = 11.08 \text{ N/mm}^2$)

试件组别	$\frac{\sigma_0}{f_m}$	局压面积 $a \times b/\text{mm}^2$	计算值 $\text{tg}\theta \times 10^{-2}$	88规范 a_{01}/mm	现行规范 a_{02}/mm	建议值 γ	实测值 N_u^s/kN	$a_{01} = a$ N_u^j/kN	$\frac{N_u^s}{N_u^j}$
17-a	0.21	180 × 238	0.008 3	259	97	1.256	609.98	447.10	1.36
17-b	0.21	180 × 240	0.011 7	259	97	1.254	821.02	450.19	1.82
17-c	0.21	180 × 235	0.007 4	259	97	1.259	552.42	442.46	1.25
18-a	0.32	180 × 237	0.007 1	259	97	1.257	590.16	445.55	1.32
18-b	0.32	180 × 234	0.005 9	259	97	1.260	511.84	440.91	1.16
18-c	0.32	180 × 239	0.008 1	259	97	1.255	652.33	448.64	1.45

表5 有上部墙体约束时边缘局压承载力 ($f_m = 11.08 \text{ N/mm}^2$)

试件组别	$\frac{\sigma_0}{f_m}$	局压面积 $a \times b/\text{mm}^2$	计算值 $\text{tg}\theta \times 10^{-2}$	88规范 a_{01}/mm	现行规范 a_{02}/mm	建议值 γ	实测值 N_u^s/kN	$a_{01} = a$ N_u^j/kN	$\frac{N_u^s}{N_u^j}$
19-a	0.20	180 × 250	0.010 3	259	97	1.256	734.72	559.46	1.31
19-b	0.20	180 × 250	0.009 1	259	97	1.254	664.02	559.46	1.19
19-c	0.20	180 × 250	0.009 9	259	97	1.259	710.22	559.46	1.27
20-a	0.30	180 × 250	0.008 8	259	97	1.257	689.58	559.46	1.23
20-b	0.30	180 × 250	0.007 8	259	97	1.260	629.58	559.46	1.13
20-c	0.30	180 × 250	0.009 9	259	97	1.255	760.58	559.46	1.36

5 结 语

通过对烧结页岩煤矸石多孔砖砌体局部非均匀局压的试验研究, 得到以下初步结论与建议:

1) 大部分破坏形态类似砌体轴心均匀受压破坏, 部分为局压处砌体被压碎, 而在均匀局压试验中未发现明显的此类情况, 这说明非均匀局压受力更为不利.

2) 笔者通过半经验、半理论推导的局压应力图形完整系数 η 值建议为0.75, 以反映烧结页岩煤矸石多孔砖砌体强度高而塑性较差的材性特点.

3) 根据现行规范的 a_0 值计算的局压承载力均小于实测值 N_u^s , 表明烧结页岩烧结页岩煤矸石多孔砖砌体按规范计算 a_0 值是偏于安全的. 由于多孔砖砌体的 γ 值较小, 建议采用精确式(2)计算.

4) 试验表明, 端部局压受力较边缘局压有利. 随着上部荷载 σ_0/f_m 的增大局压承载力总体上是降低的. 墙柱边缘局压时沿局压边界产生的通长竖向裂缝大大削弱了“内拱卸荷”的有利作用, 故建议不考虑对上部荷载进行折减. 即取 ψ 为1, 即有: $N_0 + N_l \leq \eta f A_l$, 经试验局压承载力计算对比, 其结果是偏于安全的.

5) 由于影响砌体局压强度的因素较多, 导致试验结果的离散性较大, 因此需要更多的试验数据才有代表性. 笔者在这方面仅作了初步的探讨和研究, 可供进一步开展研究参考.

参考文献:

- [1] 秦士洪, 刘小勤, 骆万康. 烧结页岩多孔砖砌体局部均匀受压试验研究[J]. 建筑结构, 2006, 36(11): 73-76.
- [2] GB50003-2001, 砌体结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [3] GBJ129-90, 砌体基本力学性能试验方法标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [4] 唐岱新. 砌体结构局部受压试验及计算方法: 砌体结构研究论文集[C]. 长沙: 湖南大学出版社, 1989.
- [5] GBJ3-88, 砌体结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- [6] 秦士洪, 皮天祥, 骆万康. 烧结页岩煤矸石多孔砖砌体的受压变形性能[J]. 建筑结构, 2005, 35(9): 7-10.
- [7] 施楚贤. 砌体结构理论与设计[M]. 2版: 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

Factors Affecting the Ability of the Enterprise Bargaining in the Skills-based Cooperation

ZHAO Hua, LONG Yong, LIU Xian-kai

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In the skills-based cooperation, the authors carry on the questionnaire survey about the factors affecting the ability of the enterprise bargaining. The formal questionnaire is established by exploratory factor analysis with SPSS11.0 software. After processing data, the authors gain the factors that influence enterprise bargaining power: learning ability, promises, craftsmanship investment, the final cost. The structure equation model between the four factors and the bargaining power is tested with Amos 4.0 software. The learning ability is found, which conduces to improve the enterprise bargaining power. However, the promises have the obstructive effect.

Key words: bargaining power; exploratory factor analysis; structural equation modeling

(编辑 张小强)

(上接第 140 页)

Experimental Study on Local Nonuniform Compression of Fired Shale Perforated Brick Masonry

QIN Shi-hong, LIU Xiao-qin, LUO Wan-kang, HUANG wen

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In order to know the behavior of local nonuniform compression of fired shale perforated brick masonry with rectangular holes, the experimental study of 18 specimens with and without restriction at the end of beam under local compression was carried out. The failure modes and bearing mechanisms of specimens were researched and analyzed, the integrity coefficient of local compression stress figure was deduced, at last, the theoretical and testing values of local compression bearing capacity were compared and analyzed. The results indicate that the bearing performance at the end of wall section under local compression behaves better than that on the fringe, the vertical cracks throughout the specimen on the fringe caused by local nonuniform pressure weaken the advantageous function of 'unloading by the interior arch', the effective supporting length calculated according to code for design masonry structure is partial to safety. These results and suggestions can be used in the design of bearing perforated brick masonry for reference.

Key words: burned shale perforated brick; local nonuniform compression; effective supporting length; capacity of local compression

(编辑 侯 湘)