

砌体局部均匀受压强度计算

杨卫忠

(郑州工业大学土建系)

摘要 在分析局部均匀受压破坏原因的基础上,得到影响局部受压强度的主要因素,提出局部受压强度提高系数的计算公式,该式具有明确的力学概念,且能避免现行砌体结构设计规范中相应公式的不足,该式的计算结果与试验结果吻合很好。

关键词 砌体结构;局部受压;强度;计算方法

中图分类号 TU312

0 前言

局部受压是砌体结构中的一种重要受力状态,按局部面积上压力的分布方式不同,可分为局部均匀受压和局部非均匀受压二种。工程中承受墙体荷载的刚性基础顶面,它一般属于局部均匀受压,而承受钢筋混凝土梁传来荷载的梁底墙体,由于梁的变形,则属于局部非均匀受压。局部均匀受压是研究其它局压的基础,而承受局部压力的面积往往较小,且破坏的后果较为严重,因而,正确进行局部受压强度的计算尤为必要。

试验研究表明^[1],承受局部均匀压力的砌体通常有三种破坏形态,即(a)因纵向裂缝的发展而破坏;(b)劈裂破坏和(c)与垫板接触的砌体发生局部破坏,其中以(a)为最普遍,而(b)、(c)则在一定的条件下才发生。砌体承受局部压力下的强度要高于均匀受压下砌体的强度,其提高的原因是荷载在砌体内存在扩散作用。设砌体的抗压强度为 f_m ,局部抗压强度为 γf_m ,则局部抗压强度提高系数 γ 可采用式(1)的形式:

$$\gamma = 1 + \zeta \sqrt{\frac{A_0}{A_1} - 1} \quad (1)$$

式中 A_0 ——影响局部抗压强度的计算面积;

A_1 ——局部受压面积;

ζ ——系数。

根据各种均匀局压的试验结果, ζ 一般在0.36到0.75之间,文献[1]偏于安全地取 $\zeta=0.364$,而当 $\zeta=0.35$,式(1)变为《砌体结构设计规范》(GBJ3-88)中的公式(4.2.2)。

分析式(1)不难发现,当 $(1+\zeta^2) > A_0/A_1 > 1$ 时,出现局部受压承载力高于相应的(短柱)

收稿日期:1997-11-11

第一作者 男 1966年生 硕士学位 讲师

全截面均匀受压承载力;同时, ζ 具有较大的变化幅度,其原因在于 A_0 的取值并不合理。

1 局压破坏的原因

按局压位置的不同,局部均匀受压有五种情况,如图 1 示,平面有限元分析表明^[3],局部压力作用下砌体内的横向应力 σ_x 和竖向应力 σ_y 的分布如图 2 示。

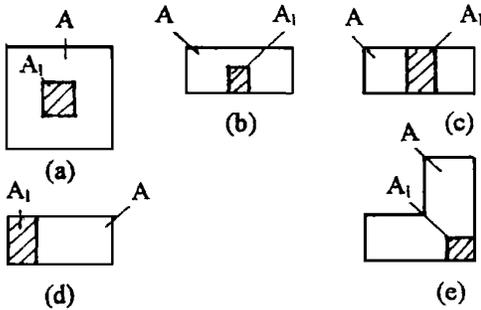


图 1 局压位置

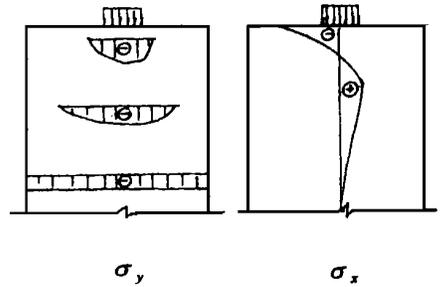


图 2 垫板下砌体内应力分布

σ_y 的分布清楚地表明了砌体内存在力的扩散作用,使竖向应力逐渐均匀地分布到整个截面。而垫板下砌体由于受到周围砌体的横向约束作用,使其处于三向受压(图 1(a))和双向受压(图 1(b)、(c)),因而砌体很难破坏,而中部以下砌体由于处于竖向受压,横向为双向或单向受拉的应力状态,当最大横向接应力达砌体抗拉极限强度时,即出现第一条竖向裂缝,由于其范围较小,并不能使砌体马上破坏。随着竖向裂缝的发展和出现其它的竖缝和斜缝,使砌体内部应力分布情况发生了变化,当被竖向裂缝分割的小立柱内的竖向压应力达砌体的抗压极限强度时,砌体即告破坏。承受局部压应力的砌体在产生竖向变形的同时还产生横向膨胀,因而受到周围砌体的约束作用,延缓砌体内竖向裂缝的发展,使砌体的局部抗压强度高于均匀受压下的强度。

只要砌体周围存在未受荷的面积,就存在力的扩散作用,而周围砌体的约束作用则不同,其约束作用大小与局压面积在整个试件中的相对位置有关,以中心局压为最大,一般墙段中部局压次之,端、角部局压时为最小;同时,约束作用还与局压面积与整个砌体截面积的比值有关,当局压面积相对较小时,相应的约束作用增大,但中线上的横向应力的分布也越均匀,即中线上较长的一段会同时达到砌体极限抗拉强度,形成劈裂破坏。因而,局部抗压强度提高的原因是力的扩散作用和周围砌体的约束作用二者共同影响的结果。

2 局部均匀受压强度

2.1 局部受压强度提高系数

根据上述分析, γ 可采用如下计算模式

$$\gamma = 1 + \eta \log_{10} \frac{A_d}{A_l} \tag{2}$$

式中 A_d —— 扩散面积

η ——由于约束作用引起的增大系数。

对于图 1a 中心局压, 由于受到周围砌体的双向约束作用, 取 $\eta=2$; 对图 1d、e 的端、角部局压, 周围砌体的约束作用几乎为零, 取 $\eta=1$; 而图 1(b)、(c) 的一般墙段局压, η 介于上述二者之间, 取 $\eta=A_c/A_d$ 且不超过 1.5, 其中, A_c 为约束面积。

2.2 A_d 、 A_c 的取值

A_d 遵循短边扩散的原则, 即以 A_1 为基础, 以 A_1 的短边向周围扩散一个短边边长。而 A_c 则以 A_d 为基础, 按同心对称的原则确定。典型的 A_d 和 A_c 取值如图 3、图 4 所示。但 A_d 和 A_c 均应不超过整个构件面积。

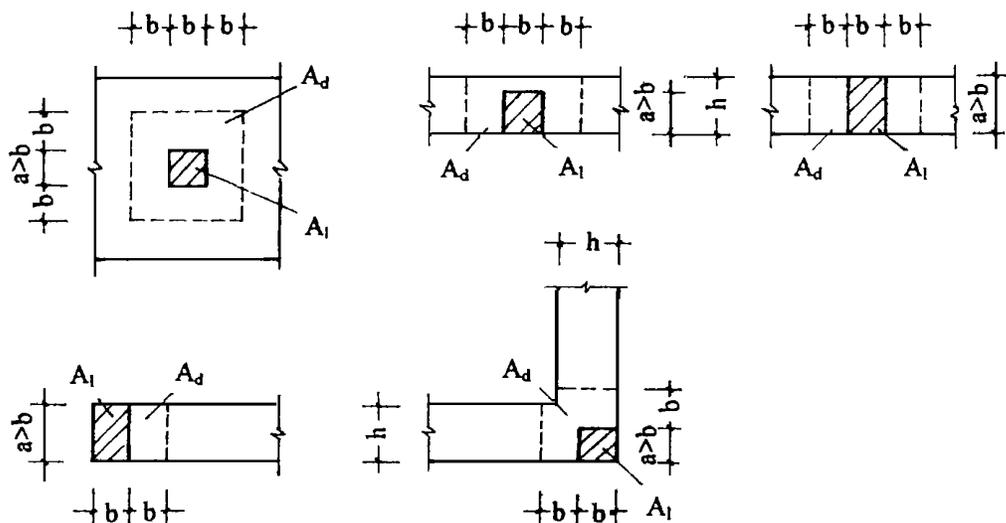


图 3 扩散面积 A_d

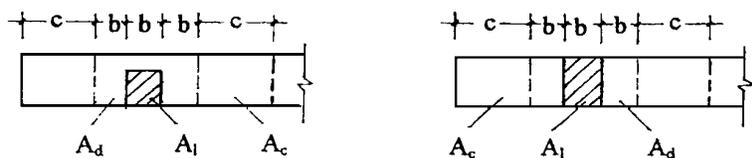


图 4 约束面积 A_c

2.3 计算公式

考虑砌体材料的变异后, 承受局部均匀压力的砌体承载力 N_l 可按式(3)计算

$$N_l = \gamma f A_l \quad (3)$$

式中 f ——砌体的抗压强度设计值;

γ ——局部抗压强度提高系数, 按式(2)计算。

3 试验验证

为了验证上述分析的正确性, 以文献[1]中五种局部均匀受压(局压位置示意于图 1 中)

的试验结果进行验证, 试验参数、 γ 的试验值 γ^n 及采用式(2)计算所得的 γ_2 均列于表 1 中, 同时, 也把采用式(1)的计算值 γ_1 列于表 1, 计算 γ_1 时取 $\zeta=0.364$, A_0 按文献[1]中的规定取值, 各种局部均匀受压的 γ^n 与 γ_1 或 γ_2 的比值也列于表 1 中。对表 1 中最后二列数据按中心局压、一般墙段中部局压和端、角部局压分别进行统计分析和总体分析, 结果列于表 2 中。

表 1 均匀局部受压试验

试件 编号	局压 示意	f _m (MPa)	试件尺寸 (mm)	局压面积 A _l (mm)	γ 的试验值和计算值			γ ⁿ / γ ₁	γ ⁿ / γ ₂
					γ ⁿ	γ ₁	γ ₂		
67A~C		5.06	490×490×830	150×150	3.16	2.909	2.134	1.086	1.481
68A~C		5.06	490×490×830	300×300	1.81	1.852	1.472	0.977	1.230
83A~C		2.76	370×370×830	150×150	2.36	2.568	1.805	0.919	1.308
84A~C		2.76	370×370×830	210×210	2.03	1.984	1.521	1.023	1.335
2a~c	1(a)	3.05	370×370×970	180×180	2.84	2.252	1.646	1.260	1.725
3a~c		3.17	370×370×970	126×126	3.33	2.871	1.98	1.159	1.682
6a,b~c		4.39	370×370×720	180×180	1.78	2.252	1.646	0.791	1.081
7a,b~c		4.39	370×370×720	126×126	2.12	2.871	1.99	0.739	1.066
9a,b~c		3.02	490×490×1500	245×245	2.22	2.204	1.638	1.007	1.355
10a,b~c		2.97	490×490×1500	175×175	3.07	2.789	1.964	1.101	1.563
07A~C		2.20	370×1000×1000	250×200	2.04	1.971	1.888	1.035	1.080
08A~C		1.82	370×1000×1000	250×200	1.83	1.971	1.888	0.928	0.969
09A~C		1.88	370×1000×1000	250×200	2.12	1.971	1.888	1.075	1.123
11A~C		2.16	370×870×1000	250×200	1.86	1.938	1.843	0.960	1.009
12A~C		2.16	370×870×1000	250×200	1.83	1.938	1.843	0.944	0.993
13A~C		2.00	370×870×1000	250×200	2.00	1.938	1.843	1.032	1.085
14A~C	1(b)	1.86	370×740×1000	250×200	1.68	1.798	1.770	0.934	0.949
15A~C		1.86	370×740×1000	250×200	1.72	1.798	1.770	0.967	0.972
16A~C		1.82	370×740×1000	250×200	1.76	1.798	1.770	0.979	0.995
18A~C		2.37	370×620×1000	250×200	1.68	1.669	1.680	1.007	1.000
19A~C		2.12	370×620×1000	250×200	1.64	1.669	1.680	0.983	0.976
20A~C		2.12	370×620×1000	250×200	1.77	1.669	1.680	1.061	1.054
17A~C		1.80	370×490×1000	250×200	1.63	1.538	1.582	1.060	1.030
26A~C	1(c)	2.66	370×740×820	370×200	1.62	1.588	1.598	1.020	1.014
37A~C		2.76	240×740×840	240×200	1.76	1.588	1.587	1.180	1.109
41A~C		2.53	240×740×820	370×240	1.05	1.217	1.293	0.863	0.812
54A~C		3.10	370×740×820	370×200	1.50	1.301	1.495	1.153	1.003
61A,B,E		4.12	240×740×820	240×240	1.41	1.301	1.350	1.083	1.044
62A~F	1(d)	4.12	240×740×820	300×240	1.34	1.222	1.324	1.097	1.012

试件 编号	局压 示意	fm (MPa)	试件尺寸 (mm)	局压面积 A ₁ (mm)	γ 的试验值和计算值			γ ₁	γ ₂
					γ	γ ₁	γ ₂		
70A、E、F		4.28	240×740×820	240×240	1.22	1.301	1.399	0.938	0.872
71A、D、F		4.28	240×720×820	240×240	1.25	1.301	1.399	0.961	0.893
73A~C		4.35	370×720×820	210×210	1.47	1.547	1.710	0.950	0.860
74A~C		4.35	370×740×820	150×150	1.81	1.693	2.003	1.069	0.904
80A~C		4.73	240×740×820	200×200	1.29	1.526	1.685	0.845	0.766
89B、C	1(e)	3.58	240×740×820	240×240	1.45	1.477	1.515	0.982	0.957
90A~C		3.58	240×740×820	150×150	1.825	1.585	1.787	1.148	1.018

表 2 统计分析结果

局压位置	γ ₁ /γ ₂		γ ₁ /γ ₁	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数
中心局压图 1(a)共 10 组	1.006	0.158	1.382	0.166
一般墙段中部局压图 1(b)、(c)共 15 组	1.0055	0.055	1.023	0.053
端、角部局压图 1(d)、(e)共 11 组	1.008	0.107	0.922	0.099
均匀局压(36 组)	1.006	0.107	1.092	0.209

统计分析表明,无论总体还是对每一种均匀局压,本文的 γ 计算值与试验值均能很好地吻合,而采用式(1)计算的 γ 值仅对一般墙段中部局压时能与试验值很好地吻合,而对中心局压则偏于安全,而对一般墙段的端部局压、角部局压则偏于不安全,由此可见,本文所提出的 γ 计算方法是合理的。

为了防止劈裂破坏,文献[2]采用限制 γ 的方法来实现。文献[1]的试验结果表明, $\gamma=3$ 时发生劈裂破坏,而文献[2]采用 $\gamma \leq 2.5$ 来防止。按本文 Ad 的取值及计算模式,可得 $\gamma \leq 2.91$,与试验结果非常接近,对图 1 中的其它情况可同理求得,结果列于表 3。由表 3 的结果不难发现,采用本文 γ 的计算模式,能满足文献[2]中对 γ 限制的要求,可不必给出 γ 的限制条件。

表 3 γ 的上限值

局压位置示意图	1(a)	1(b)	1(c)	1(d)	1(e)
本文的 γ 上限值	2.91	1.30	2.17	1.72	1.48
文献[2]的 γ 上限值	2.50	1.25	2.0	2.0	1.50

4 结论

(1) 砌体局压强度提高的主要原因是力的扩散作用和周围砌体对局压范围内砌体的约

束作用。可分别采用扩散面积和约束系数来表示。

(2)·局部抗压强度提高系数可采用本文提出的计算公式(2)计算,该式具有明确的物理概念,避免了现行砌体结构设计规范中 γ 的不足,且计算结果优于该规范的公式结果,并能满足对 γ 的限制要求。

参考文献

- 1 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·长沙:湖南大学出版社·1989·4
- 2 中华人民共和国国家标准·砌体结构设计规范(GBJ10—89)·北京:中国建筑工业出版社·1988
- 3 王庆霖·砌体结构·北京:地震出版社·1991·9

Ultimate Compression Strength of Masonry under Uniform Localized Pressure

Yang Weizhong

(Zhengzhou University of Technology)

Abstract Based on the analysis of failure causes of masonry under local uniform pressure, the causes which effect an increase in ultimate compression strength over local bearing area are gotten·The formula about added coefficient of strength is put forward·The formula not only has a clear mechanics concept, but also evades the shortcoming of corresponding expression in chinese code GBJ^{3—88}. It is found that the calculation results have a good agreement with the experiments·

Keywords masonry Structure; Local compression; strength; calculation method