

一级注册结构工程师专业考试疑问解答（三）

——砌体结构部分

张庆芳, 申兆武/ 石家庄铁道大学

【问题 1】《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001) (以下简称《砌体规范》) 的 3.2.3 条规定了砌体强度设计值的调整系数, 应如何理解?

答: 该规范的 3.2.3 条第 1 款, 由于条文长、内容多造成正确理解困难因而容易产生歧义。为了使用方便, 今依据施楚贤《砌体结构理论与设计》一书, 将规范 3.2.3 条的含义列于表 1。

砌体强度设计值的调整系数

表 1

使用情况		γ_a
有吊车房屋砌体		0.9
跨度 $\geq 9\text{m}$ 的梁下烧结普通砖砌体		
跨度 ≥ 7.2 的梁下烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、混凝土和轻骨料混凝土砌块砌体		
无筋砌体构件截面面积 $A < 0.3\text{m}^2$		
配筋砌体构件中砌体截面面积 $A < 0.2\text{m}^2$		$0.7 + A$
用水泥砂浆砌筑的各类砌体	抗压强度	0.9
	轴心抗拉、弯曲抗拉、抗剪强度	0.8
施工质量控制等级为 C 级的砌体		0.89
验算施工中房屋构件的砌体		1.1

注: 表中“7.2m”来源于该规范的“局部修订”。

砌体强度设计值的调整, 在使用时还应注意以下几点: 1) 灌孔砌块砌体强度设计值 $f_g = f + 0.6\alpha f_c$, 仅对其中的 f 调整; 2) 砌体局部受压承载力验算时所用的 f (见规范的 5.2.1 条), 不考虑截面过小引起的强度调整; 3) 规范 5.5.1 条所用到的 f_v 和 f , 均取调整后的值; 4) 规范 8.1.2 条的网状配筋砌体, 仅对其中的 f 调整。

【问题 2】《砌体规范》5.4.2 条中的受剪承载力与 5.5.1 条中的受剪承载力, 本质上有何区别?

答: 在实际工程中砌体构件单纯的受剪很难遇到。通常, 在静力作用下的受弯构件 (如砖砌体过梁、挡土墙) 中存在砌体受剪, 以及无拉杆拱支座处在水平推力作用下砌体受剪。

5.4.2 条规定的是受弯构件中受剪承载力计算, 若将该公式改变形式, 写成 $V/S/lb \leq f_v$, 会看得更清楚。

5.5.1 条用于拱承受水平推力的情况。由于受剪时常常还作用有竖向荷载, 墙体处于复合应力状态, 因此, 需要考虑截面压应力影响。

需要注意的是, 公式 (5.5.1-1) 中 σ_0 不同于 5.2 节局部受压时的 σ_0 , 这里为永久荷载设计值产生的截面平均压应力 (笔者认为, 之所以只考虑永久荷载,

而不考虑可变荷载产生的压应力, 是因为只考虑永久荷载产生的压应力 σ_0 对构件抗剪承载力更不利); 规范要求 $\sigma_0/f \leq 0.8$ 是为了防止斜压破坏。

【问题 3】《砌体规范》表 6.1.1 下的注释 2 指出, “组合砌体结构的允许高厚比, 可按表中数值提高 20%, 但不得大于 28”。根据规范的目录可知, 构造柱组合墙也包括在组合砌体结构之内。而在规范的 6.1.2 条, 又规定了构造柱组合墙对 $[\beta]$ 的提高系数 μ_c 。这时, $[\beta]$ 是否要提高两次?

答: 笔者查阅了相关文献, 未见到对构造柱组合墙将 $[\beta]$ 提高两次的做法。据此, 笔者理解, 砖砌体与钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组合而成的组合砖砌体, $[\beta]$ 可按表中数值提高 20%, 但不得大于 28。2011 版《砌体规范》对此进行了明确, 支持了笔者的观点。

【问题 4】如何理解“横墙间距”?

答: 验算高厚比需要确定 H_0 , 因而必须查表 5.1.3, 这就涉及到房屋的静力计算方案和 s , 而确定房屋的静力计算方案也需要知道 s , 因此, s 如何取值, 就成为问题的关键。

房屋的静力计算方案须依据规范表 4.2.1 确定, 其下注 1 指出, s 为房屋横墙间距。确定 H_0 的表 5.1.3 下注 4 指出, s 为相邻横墙间距。

笔者理解, 将本来是空间作用的房屋简化为平面排架时, 纵墙被简化为一个上端铰接的立柱, 由于与之相连的山墙或横墙的刚度不同, 所以分为三种计算方案。对于这种总体上的受力分析, 查规范表 4.2.1 时, s 取为房屋横墙间距。

如果是局部的一片墙的计算, 查规范表 4.2.1 时, “横墙”的含义应是指与所计算的墙体相连接的并通常与之垂直的墙, 这样才与静力计算方案的原理相符。

表 5.1.3 种所谓的“横墙”, 也是这个意思, 因为墙的计算高度反映承载力, 而承载力与墙的约束有关。

【问题 5】带壁柱墙的高厚比如何验算?

答: 带壁柱墙的高厚比验算包括两个方面的内容: 带壁柱墙的验算和壁柱间墙的验算。

(1) 带壁柱墙的高厚比验算 (根据《砌体规范》6.1.2 条第 1 款)

验算仍然按公式 (6.1.1), 即 $\beta = H_0/h \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$, 但式中的 h 需要用 h_T 代替。壁柱墙的折算厚度 $h_T = 3.5i$,

i 为截面回转半径。计算截面回转半径 i 时, 要首先依据规范的 4.2.8 条确定翼缘宽度。依据规范表 5.1.3 确定 H_0 时, s 取与之相交相邻横墙的距离。

(2) 壁柱间墙的高厚比验算 (根据《砌体规范》6.1.2 条第 3 款)

此时, 将壁柱视为侧向不动铰支座, 因而 s 取相邻壁柱间距离。确定墙高 H 时, 若圈梁满足 6.1.2 条第 3 款的要求, 可视为不动铰支点。然后按照刚性方案查表 5.1.3 确定 H_0 。墙厚 h 取壁柱之间墙体的厚度。

【问题 6】《砌体规范》7.2.3 条, 对于钢筋混凝土过梁, 验算过梁下砌体局部受压承载力时, 可不考虑上层荷载的影响, 如何理解?

答: 梁下砌体局部受压本来依据规范 5.2.4 条采用下式计算:

$$\psi N_0 + N_l \leq \eta \gamma f A_l$$

这里, 由于过梁跨度较小且与上部墙体共同工作, 刚度较大梁端的转动变形很小, 因此验算过梁下砌体局部受压承载力可不考虑上层荷载影响, 即取 $\psi=0$ 。

【问题 7】《砌体规范》表 10.2.3 中用到 σ_0 , 为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力, 请问, 这里的“重力荷载代表值”要不要考虑分项系数 1.2?

答: 笔者认为此处不需要考虑分项系数, 或者说, 应取 $\gamma_G=1.0$ 。支持本观点的文献有: (1) 郭继武《建筑抗震设计》(第二版) (中国建筑工业出版社, 2006) 301 页的例题; (2) 施楚贤、施宇红《砌体结构疑难释义》(第三版) (中国建筑工业出版社, 2004) 的 171 页的例题; (3)《建筑抗震设计规范理解与应用》(第二版, 中国建筑工业出版社, 2011) 的 84 页中指出, “比如多层砖房墙段的受剪承载力与墙段 1/2 高度处的平均压应力 σ_0 有关, σ_0 越大则墙段受剪承载力越大, 其 γ_G 应取 1.0, 所以《建筑抗震设计规范》7.2.6 条规定 σ_0 为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力”。

【问题 8】《砌体规范》的 7.3.4 条条文说明中指出, “承重墙梁在托梁顶面荷载作用下不考虑组合作用, 仅在墙梁顶面荷载作用下考虑组合作用”, 如何理解这里的荷载组合?

答: 必须明确, 此处的“组合作用”并不是指永久荷载与可变荷载的组合。

托梁上部的墙体, 从受力的角度看, 既是托梁的荷载, 又与托梁一起作为组合体共同受力, 所以说二者有“组合作用”。

【问题 9】《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) (以下简称《抗规》) 的 7.2.3 条, 规定了地震剪力分

配和截面验算时砌体墙段层间等效侧向刚度的确定原则。今有以下疑问:

(1) 墙段的等效侧向刚度如何计算? 考虑弯曲变形和剪切变形是怎么回事?

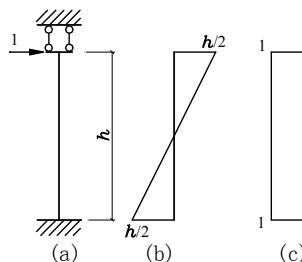
(2) 开洞率如何计算? 但大部分文献都是按照立面计算的, 似乎与规范中的说法不一致。

(3) 若开洞率大于 0.3, 表 7.2.3 中无法查到影响系数, 应如何处理?

(4) 表 7.2.3 (墙段洞口影响系数表) 下的注释“窗洞高度大于层高 50% 时, 按门洞对待”如何理解?

答: 对于问题 1: 应

根据《抗规》7.2.3 条规定的原则进行砌体墙段的层间等效侧向刚度计算。所谓“侧向刚度”是指构件发生单位的侧移所需要的外力值。对于多层砌体房屋无洞口抗震



墙段, 可视为下端固定、上端为滑动支座的构件, 如图 1 所示, 图 1 (b) 为单位力引起的弯矩图, 图 1 (c) 为单位力引起的剪力图。

在单位力作用下, 总的侧向变形 δ 包括弯曲变形 δ_b 和剪切变形 δ_s , 而 δ_b 和 δ_s 可依据结构力学中的图乘法得到, 即: $\delta = \delta_b + \delta_s = \frac{h^3}{12EI} + \frac{\xi h}{GA}$, 式中, ξ 为剪应变不均匀系数, 对矩形截面, $\xi=1.2$; 剪切模量一般取为 $G=0.4E$ 。

高宽比不同, 剪切变形在总变形中所占的比例就不同。《抗规》规定高宽比小于 1 时, 只计算剪切变形, 即只考虑上述公式的第二项。从力学上看, 这里的“高宽比”与钢筋混凝土剪力墙结构中连梁的“跨高比”相似, 连梁的跨高比越小越易发生剪切破坏。

若按照矩形截面考虑, 上式可以整理成:

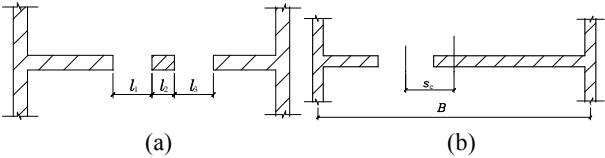
$\delta = \frac{1}{Et} \left[\left(\frac{h}{b} \right)^3 + 3 \left(\frac{h}{b} \right) \right]$ 。侧移刚度 K 与侧向变形 δ 是倒数关系, 即 $K=1/\delta$ 。

对于问题 2: 《抗规》表 7.2.3 下的注释 1 明确指出, 开洞率为洞口水平截面积与墙段水平毛截面积之比, 2010 年以前的《抗规》并没有对“开洞率”做出解释。2002 年出版的《建筑抗震设计规范理解与应用》第 183 页给出的例题, 是按照立面计算开洞率的。一些教科书也都是如此表达。2011 年出版的《建筑抗震设计规范理解与应用》(第二版) 在 233 页给出的例题, 仍采用第一版的做法。

从《抗规》7.2.3 条条文说明可知, 开洞率的定义参照了《设置钢筋混凝土构造柱多层砖房抗震技术规

程》(JGJ/T13)。经查,该规程的 94 年版本在附录 A 给出了墙段开孔影响系数 φ_0 的表格,见表 2。

墙段开孔影响系数						表 2
Δp	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
φ_0	0.98	0.94	0.88	0.76	0.68	0.56



注: 1) 当 $l_2 \geq 500\text{mm}$ 时, 孔洞面积 $= (l_1 + l_3)t$; 当 $l_2 < 500\text{mm}$ 时, 孔洞面积 $= (l_1 + l_2 + l_3)t$ 。2) 当 $s_0 \leq B/4$ 时, 不作偏孔洞处理 (s_0 为门窗洞中心至墙段中心的距离); 当 $s_0 > B/4$ 时, 应作偏孔洞处理, φ_0 值应乘以 0.9。

图 2 开孔计算示意图

表 2 中, Δp 为孔洞系数, $\Delta p = A/A_g$, A 为墙段的水平截面面积, A_g 为墙段的水平截面毛面积。从 Δp 的定义可见, 其含义与《抗规》表 7.2.3 中的“开洞率”相加之和为 1.0, 表 2 中给出的 φ_0 也是与《抗规》表 7.2.3 中的“影响系数”一致的。

JGJ/T13 规程给出的开孔计算示意图如图 2 所示。在图 2 (a) 中同一墙段内开有两个洞口, 图 2 (b) 中同一墙段仅开一个洞口。图 2 可作为《抗规》表 7.2.3 的补充说明。

(上接第 27 页)

按钮, 即可实现对柱子的布置, 布置方式分多种, 如图 3 所示, 布置时, 该对话框始终浮于前方, 用户可根据需要随时选择布置方式。程序规定: 柱子必须布置在节点上, 因此在布置柱子之前, 首先要在相应的位置形成节点才能布置。



图 8 柱截面列表

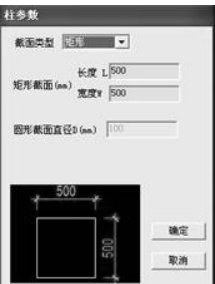


图 9 柱参数

4 柱计算

柱布置后, 在有限元模型中以线单元的形式参与有限元分析, 最后从有限元结果中提取出柱的剪力、弯矩以及轴力结果。

柱子根据内力结果按双向偏心受力构件计算竖筋和箍筋。矩形柱按对称配筋进行设计, 控制内力取使柱子每侧配筋结果最大的内力值, 因此柱子的配筋结果中, 可能两个方

对于问题 3: 当开洞率比较小, 不大于 30% 时, 可采用“将整个墙段侧移刚度乘以折减系数”的方法以简化计算。若开洞率大于 30%, 则需要计算各个墙段的侧移刚度之后再合成。

对于问题 4: 以图 3 为例加以说明。图 3 (a) 中的开洞为窗洞, 由于 $1600\text{mm} > 3000 \times 50\% = 1500\text{mm}$, 故应按门洞对待, 将洞口的下缘移到墙底, 如图 3 (b) 所示。

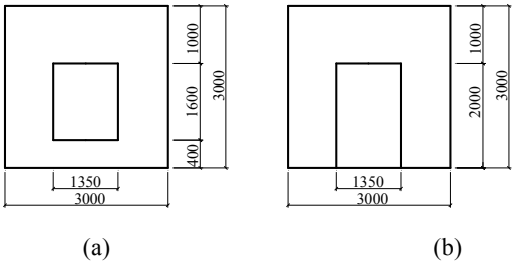


图 3 窗洞与门洞

【注】更多内容, 请关注 2012 年版《一级注册结构工程师专业考试 历年试题·疑问解答·专题聚焦》(中国建筑工业出版社) 一书。

作者简介: 张庆芳, 副教授, 硕士, 一级注册结构工程师, “中华钢结构论坛”注册考试栏目版主。Email: zqfok@126.com。

申兆武, 工学博士, 毕业于同济大学地下系, 一级注册结构工程师。Email: szw56789@yahoo.com.cn。

向的控制内力并不是同一组组合下的, 柱子内力示意图如图 10 所示。

用户可以在配筋设置里先设置钢筋直径和间距的选项, 如图 6 所示, 程序配筋时就从用户选择的范围中配筋, 在配筋结果界面上也可以选择直径和间距进行修改。柱子计算结果界面如图 11 所示。

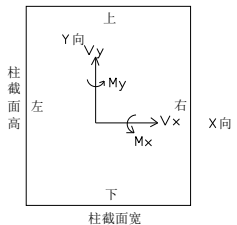


图 10 柱内力

柱内力											
柱编号	截面号	竖向控制内力			弯矩控制内力			计算面积 (mm ²)	截面配筋率		
		N (kN)	V (kN)	M (kN·m)	N (kN)	V (kN)	M (kN·m)		截面面积 (mm ²)	截面配筋率	截面配筋率
1	40	8.9	15.3	-294.5	19	-21.9	8.9	500.0	2	10	500.0
2	40	18.0	7.7	-294.4	17	-28.4	-4.8	500.0	2	10	500.0
3	40	23.1	6.9	-312.8	17	-39.0	-10.1	500.0	2	10	500.0
4	40	21.6	-15.1	-302.2	17	-38.0	-9.6	500.0	2	10	500.0
5	40	13.9	-16.7	-316.6	1	-92.0	-23.9	500.0	2	10	500.0
6	40	-16.0	11.4	-286.1	1	78.3	24.1	500.0	2	10	500.0
7	40	-56.5	8.0	-265.0	1	89.9	21.0	500.0	2	10	500.0
8	40	-55.1	6.3	-337.0	1	72.3	24.0	500.0	2	10	500.0
9	40	-57.0	-15.2	-225.1	1	78.7	24.1	500.0	2	10	500.0
10	40	-16.5	-15.6	-294.5	1	77.2	-23.4	500.0	2	10	500.0

图 11 柱计算结果

【注】有关世纪旗云软件的更多信息可登陆 www.sjqy.com.cn。
作者联系电话: 010-82050979, 82050901。Email: support@sjqy.com.cn。