

砌体结构受压验算相关问题分析

李伟民

YJK 砌体结构以门、窗间墙段为单元验算墙体轴心受压承载力。砌体结构的受压验算分为两种计算模式：当砌体墙中无构造柱时，按无筋砌体进行受压验算；当砌体墙中有构造柱时，按组合砖墙进行受压验算。对于长度小于 250mm 的小墙段，软件不作墙体受压验算。

无筋砌体受压验算计算公式：

5.1 受压构件

5.1.1 受压构件的承载力，应符合下式的要求：

$$N \leq \varphi f A \quad (5.1.1)$$

式中： N ——轴向力设计值；

φ ——高厚比 β 和轴向力的偏心距 e 对受压构件承载力的影响系数；

f ——砌体的抗压强度设计值；

A ——截面面积。

组合砖墙受压验算计算公式：

II 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙

8.2.7 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙（图 8.2.7）的轴心受压承载力，应按下列公式计算：

$$N \leq \varphi_{\text{com}} [fA + \eta(f_c A_c + f'_y A'_s)] \quad (8.2.7-1)$$

$$\eta = \left[\frac{1}{\frac{l}{b_c} - 3} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (8.2.7-2)$$

式中： φ_{com} ——组合砖墙的稳定系数，可按表 8.2.3 采用；

η ——强度系数，当 l/b_c 小于 4 时，取 l/b_c 等于 4；

l ——沿墙长方向构造柱的间距；

b_c ——沿墙长方向构造柱的宽度；

A ——扣除孔洞和构造柱的砖砌体截面面积；

A_c ——构造柱的截面面积。

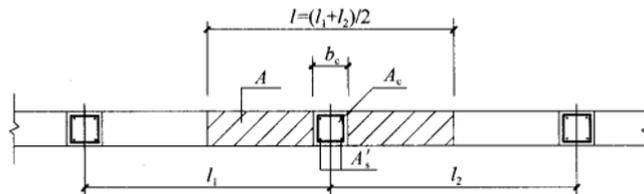


图 8.2.7 砖砌体和构造柱组合墙截面

1. 稳定系数 ϕ 与高厚比 β

① ϕ 一无筋砌体时为高厚比对轴心受压构件承载力的影响系数，按附录 D 无筋砌体轴心受压计算。

$$\phi = \begin{cases} 1 & (\beta \leq 3) \\ \frac{1}{1 + \alpha\beta^2} & (\beta > 3) \end{cases}$$

α ——与砂浆强度等级有关的系数，当砂浆强度等级大于或等于 M5 时， α 等于 0.0015；
当砂浆强度等级等于 M2.5 时， α 等于 0.002；当砂浆强度等级等于 0 时， α 等于 0.009；

其中，与砂浆有关的系数 α ：

当砂浆等级低于 2.5 时，软件按照 88 版砌体规范执行。

砂浆等级=0.4， $\alpha=0.0045$ ；

砂浆等级=1.0， $\alpha=0.003$ 。

砂浆等级 0~0.4，按线性插值；0.4~1.0，按线性插值；1.0~2.5 按线性插值。（这三段的变化斜率不同，所以分成三段进行插值计算）。

α ——与砂浆强度等级有关的系数：当砂浆强度等级大于或等于 M5 时， $\alpha=0.0015$ ；
当 M2.5 时， $\alpha=0.002$ ；
当 M1.0 时， $\alpha=0.003$ ；
当 M0.4 时， $\alpha=0.0045$ ；
当砂浆强度 $f_2=0$ 时， $\alpha=0.009$ ；

88版砌体规范

② ϕ 一带构造柱的墙段时为组合墙稳定系数，按表 8.2.3 组合砖砌体计算稳定系数。

其中，带构造柱的组合砖墙配筋率 ρ = 构造柱的钢筋面积 / 墙身面积。

表 8.2.3 组合砖砌体构件的稳定系数 φ_{com}

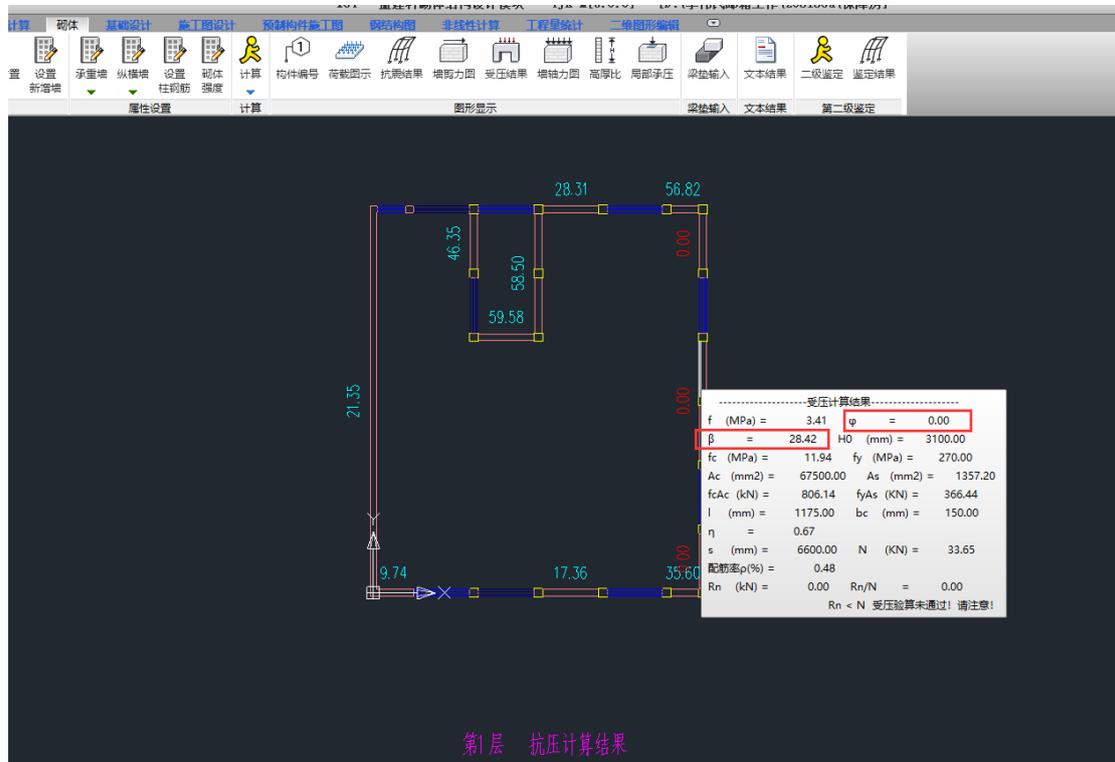
高厚比 β	配筋率 ρ (%)					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	≥ 1.0
8	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.00
10	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98
12	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95
14	0.77	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92
16	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87
18	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.81
20	0.62	0.65	0.68	0.71	0.73	0.75
22	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70
24	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65
26	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60
28	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56

注：组合砖砌体构件截面的配筋率 $\rho = A_s' / bh_s$ 。

Q1: 受压计算时的稳定系数为 0

如图，右侧墙的稳定系数为 0，导致受压验算结果为 0，什么原因？

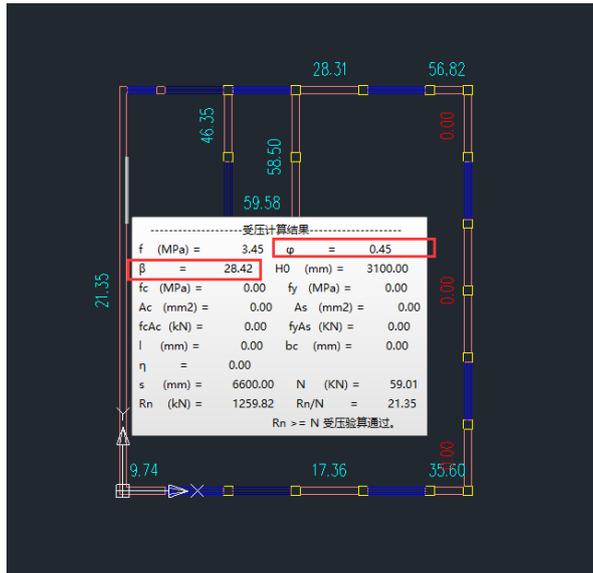
该墙段有构造柱，按配筋砖砌体计算稳定系数。查表 8.2.3 可以看出，高厚比超过 28，表格没有给出稳定系数的数值。而此墙段的高厚比为 $28.42 > 28$ ，此时，软件就将稳定系数取为 0。表示该墙太薄，高厚比太大，可以加大墙厚来解决。



那么，对于左侧墙段，高厚比也是 28.42，大于 28 了，稳定系数却是有数值的，这又是什么原因呢？发现左侧墙段无构造柱，则软件按附录 d 无筋砌体计算

稳定系数。

$\phi = 1 / (1 + 0.0015 \times 28.42^2) = 0.45$ ，与程序输出的结果是一致的。



不带壁柱的砌体墙高厚比 β

受压验算时的高厚比（每一小片墙的高厚比）按公式按 5.1.2 计算，公式中会考虑材料的修正系数。

5.1.2 确定影响系数 φ 时，构件高厚比 β 应按下列公式计算：

$$\text{对矩形截面} \quad \beta = \gamma_{\beta} \frac{H_0}{h} \quad (5.1.2-1)$$

$$\text{对 T 形截面} \quad \beta = \gamma_{\beta} \frac{H_0}{h_T} \quad (5.1.2-2)$$

式中： γ_{β} ——不同材料砌体构件的高厚比修正系数，按表 5.1.2 采用；

H_0 ——受压构件的计算高度，按本规范表 5.1.3 确定；

h ——矩形截面轴向力偏心方向的边长，当轴心受压时为截面较小边长；

h_T ——T 形截面的折算厚度，可近似按 $3.5i$ 计算， i 为截面回转半径。

表 5.1.2 高厚比修正系数 γ_{β}

砌体材料类别	γ_{β}
烧结普通砖、烧结多孔砖	1.0
混凝土普通砖、混凝土多孔砖、混凝土及轻集料混凝土砌块	1.1
蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、细料石	1.2
粗料石、毛石	1.5

注：对灌孔混凝土砌块砌体， γ_{β} 取 1.0。

需要注意的是，程序中还有砌体墙的高厚比专项验算。（每两片横墙之间的墙段）



此高厚比验算是按公式 6.1.1 计算，公式中没有计入材料的修正系数。

6.1.1 墙、柱的高厚比应按下式验算：

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq \mu_1 \mu_2 [\beta] \quad (6.1.1)$$

式中： H_0 ——墙、柱的计算高度；

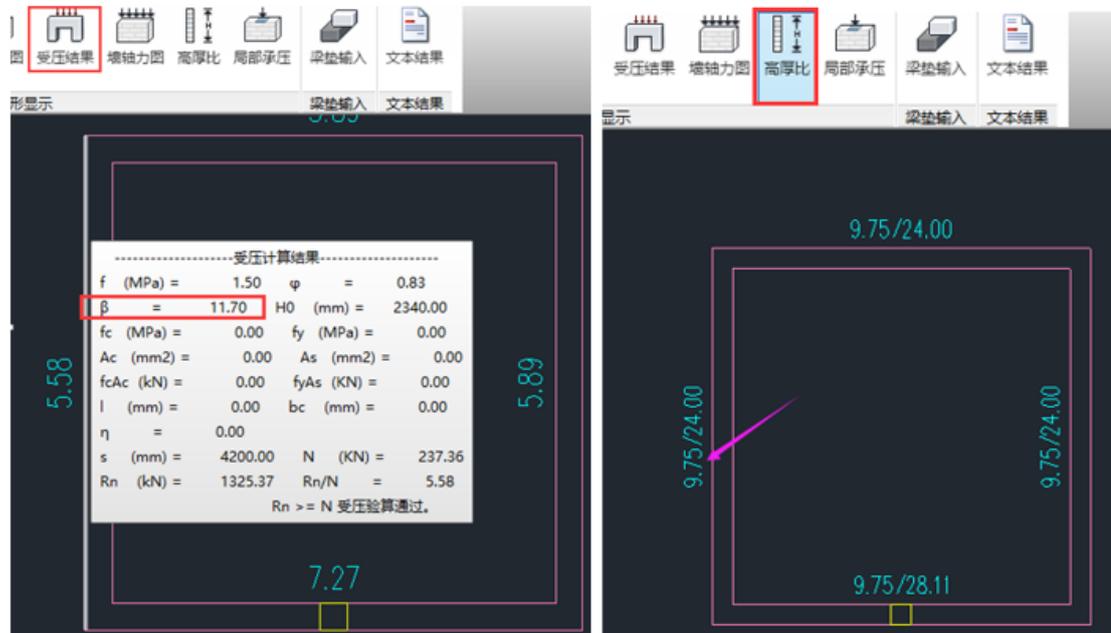
h ——墙厚或矩形柱与 H_0 相对应的边长；

μ_1 ——自承重墙允许高厚比的修正系数；

μ_2 ——有门窗洞口墙允许高厚比的修正系数；

$[\beta]$ ——墙、柱的允许高厚比，应按表 6.1.1 采用。

Q2：下图墙体材料为蒸压砖，其高厚比结果与受压验算中的高厚比数值不对应。原因是受压验算时高厚比需要考虑材料的修正系数，查得蒸压砖的 $\gamma_{\beta}=1.2$ 。所以，受压验算的 $\beta=1.2 \times 2340/240=11.7$ ，与程序结果输出一致。



Q3：砂浆等级低于 2.5 允许高厚比如何取值？

现行砌体规范只规定了砂浆等级 M2.5 及以上等级的高厚比限值。

请教一下各位老师，有没有人知道咱们软件当砂浆强度等级低于2.5的时候，允许高厚比是怎么取值的？

表6.1.1 墙、柱的允许高厚比 $[\beta]$ 值

砌体类别	砂浆强度等级	墙	柱
无筋砌体	M2.5	22	15
	M5.0或Mb5.0、Ms5.0	24	16
	\geq M7.5或Mb7.5、Ms7.5	26	17
配筋砌块砌体	—	30	21

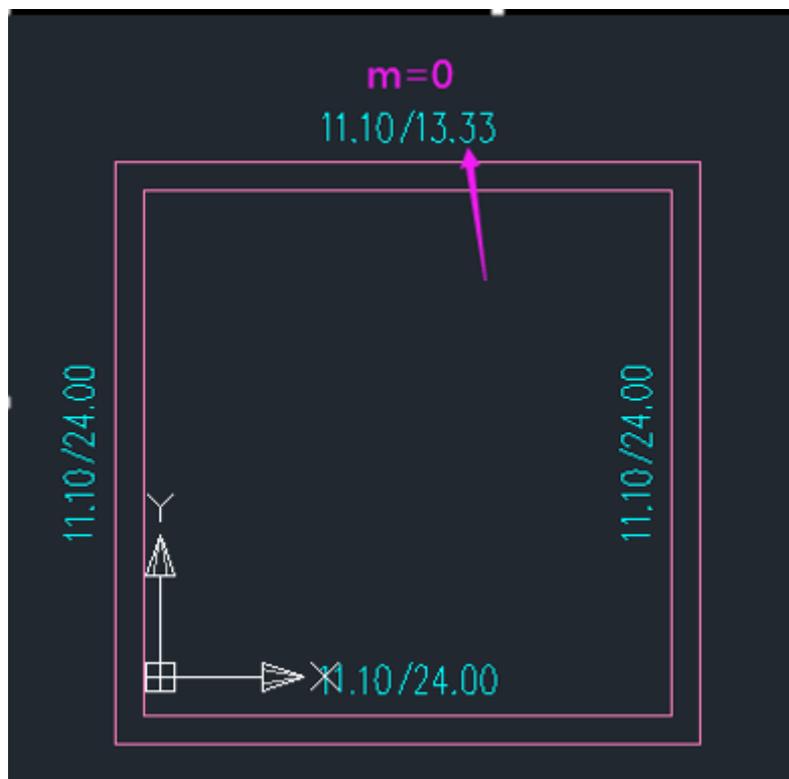
当砂浆等级低于 M2.5 时，软件根据 88 版砌体规范确定。

砂浆等级 0~1，按线性插值；1~2.5，也是按线性插值。（两段的变化斜率不

同，所以分成两段计算)。

砂浆强度等级	墙	柱
M0.4	16	12
M1	20	14
M2.5	22	15
M5	24	16
$\geq M7.5$	26	17

其中，砂浆等级为 0 时，高厚比限值等于 13.33。



2. 抗压强度

Q4: 任意砂浆等级下的砌体抗压强度设计值怎么求出的？

4.3 版本之前，软件对不是规范表格中的数值，按表格差值确定抗压强度设计值。

4.3 版本之后，软件采用规范公式计算任意砂浆强度下的砌体抗压强度设计值。

确定砌体抗压强度设计值的流程为：

- 1、首先根据规范附录 B，求得砌体轴心抗压强度平均值 f_m ；
- 2、然后根据规范 4.1.5 条，求得砌体强度标准值 f_k ， $f_k = f_m (1 - 1.645 * \text{变异系数})$ ；
- 3、最后根据规范 4.1.5 条，求得砌体的抗压强度设计值 f ， $f = f_k / \gamma_f$ 。

以规范表格中普通烧结砖的强度等级组合为例，通过公式得到砌体抗压强度设计值与规范中的表格对比见下图：

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度 0
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	
MU30	3.943	3.270	2.933	2.597	2.260	1.154
MU25	3.599	2.985	2.678	2.370	2.063	1.054
MU20	3.219	2.670	2.395	2.120	1.845	0.942
MU15	2.788	2.312	2.074	1.836	1.598	0.816
MU10	2.277	1.888	1.694	1.499	1.305	0.666

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度 0
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	
MU30	3.94	3.27	2.93	2.59	2.26	1.15
MU25	3.60	2.98	2.68	2.37	2.06	1.05
MU20	3.22	2.67	2.39	2.12	1.84	0.94
MU15	2.79	2.31	2.07	1.83	1.60	0.82
MU10	—	1.89	1.69	1.50	1.30	0.67

由上图可知，程序通过公式求得的砌体抗压强度设计值与规范表格取值一致。

同 10 系列规范，89 规范下砌体抗压强度设计值也是按照上述公式计算，其结果与 88 版砌体规范抗压强度设计值表格数值保持一致。

Q5: 参数“施工质量控制等级”软件默认的是 B 级，那么改为 C 级有什么影响？

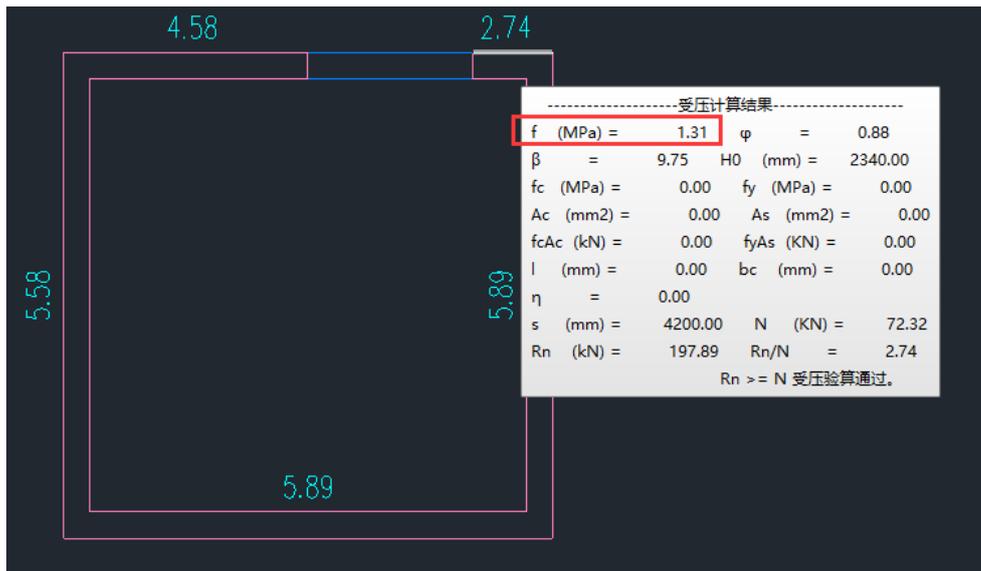
软件采用规范公式计算任意砂浆等级下的砌体抗压强度。计算公式的第三步，砌体的抗压强度设计值 $f=f_k/\gamma_f$ ，其中 γ_f 为材料性能分项系数，01、10 系列规范根据不同的施工质量按 4.1.5 条取值（施工质量为 A 级时，取 1.5；施工质量为 B 级时，取 1.6；施工质量为 C 级时，取 1.8），89 规范系列下取 1.5。

所以，施工质量等级不同，直接影响的是砌体抗压强度设计值的不同。

根据砌体设计规范，4.3.0 版本确定砌体抗压强度设计值的流程为：1、首先根据规范附录 B，求得砌体轴心抗压强度平均值 f_m ；2、然后根据规范 4.1.5 条，求得砌体强度标准值 f_k ， $f_k=f_m(1-1.645*\text{变异系数})$ ；3、最后根据规范 4.1.5 条，求得砌体的抗压强度设计值 f ， $f=f_k/\gamma_f$ 。

上述计算公式中，对于变异系数，01、10 系列规范下取砌体通用规范中规定的下限值 0.17，89 规范系列下取根据 88 版砌体规范中抗压强度设计值表格拟合得到的数值 0.174。对于材料性能分项系数 γ_f ，01、10 系列规范根据不同的施工质量按 4.1.5 条取值（施工质量为 A 级时，取 1.5；施工质量为 B 级时，取 1.6；施工质量为 C 级时，取 1.8），89 规范系列下取 1.5。

Q6: 该墙段砂浆等级 M5，块体等级 Mu10，为何抗压强度 f 为 1.31N/mm²，与规范表格中的 1.5N/mm² 不一致？



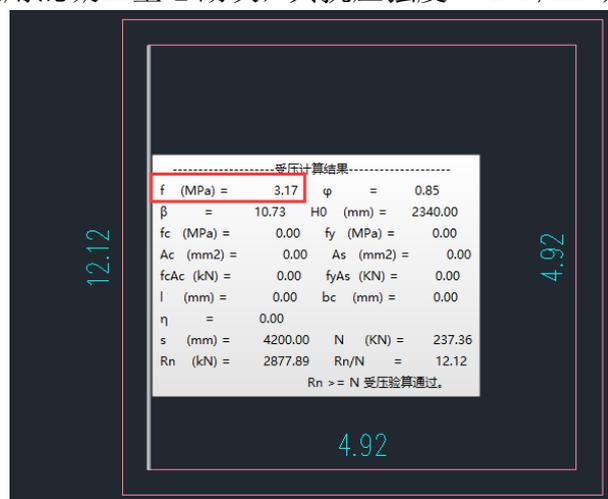
依据 3.2.3 条，砌体强度设计值与墙段的截面面积有关系。此墙段截面面积 = 0.72x0.24=0.17 < 0.3，则 $\gamma_a = 0.17 + 0.7 = 0.87$ ，所以 $f = 0.87 \times 1.5 = 1.31 \text{N/mm}^2$ 。

3.2.3 下列情况的各类砌体，其砌体强度设计值应乘以调整系数 γ_a ：

- 1 对无筋砌体构件，其截面面积小于 0.3m^2 时， γ_a 为其截面面积加 0.7；对配筋砌体构件，当其中砌体截面面积小于 0.2m^2 时， γ_a 为其截面面积加 0.8；构件截面面积以“ m^2 ”计；
- 2 当砌体用强度等级小于 M5.0 的水泥砂浆砌筑时，对第 3.2.1 条各表中的数值， γ_a 为 0.9；对第 3.2.2 条表 3.2.2 中数值， γ_a 为 0.8；
- 3 当验算施工中房屋的构件时， γ_a 为 1.1。

Q7: 手核空心砌块的抗压强度

此砌体墙采用混凝土空心砌块，其抗压强度 3.17N/mm^2 是如何计算出来的？



软件中的空心砌块砌体墙的抗压强度设计值是按公式 3.2.1-1 与 3.2.1-2 计

算出来的。

查表 3.2.1-4 得到 Mb5、Mu10 下的 $f=2.22\text{N/mm}^2$ 。

在砌体计算书中查询到孔洞率=50%、层灌孔率=33%。程序默认混凝土灌孔混凝土等级 C20, $f_c=9.6\text{N/mm}^2$ 。

$$\alpha = \delta\rho = 0.5 \times 0.33 = 0.165, \quad f_g = f + 0.6\alpha f_c = 2.22 + 0.6 \times 0.165 \times 9.6 = 3.17\text{N/mm}^2。$$

4 单排孔混凝土砌块和轻集料混凝土砌块对孔砌筑砌体的抗压强度设计值, 应按表 3.2.1-4 采用。

表 3.2.1-4 单排孔混凝土砌块和轻集料混凝土砌块对孔砌筑砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砌块强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	
MU20	6.30	5.68	4.95	4.44	3.94	2.33
MU15	—	4.61	4.02	3.61	3.20	1.89
MU10	—	—	2.79	2.50	2.22	1.31
MU7.5	—	—	—	1.93	1.71	1.01
MU5	—	—	—	—	1.19	0.70

注: 1 对独立柱或厚度为双排组砌的砌块砌体, 应按表中数值乘以 0.7;
2 对 T 形截面墙体、柱, 应按表中数值乘以 0.85。

5 单排孔混凝土砌块对孔砌筑时, 灌孔砌体的抗压强度设计值 f_g , 应按下列方法确定:

- 1) 混凝土砌块砌体的灌孔混凝土强度等级不应低于 C20, 且不应低于 1.5 倍的块体强度等级。灌孔混凝土强度指标取同强度等级的混凝土强度指标。
- 2) 灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值 f_g , 应按下列公式计算:

$$f_g = f + 0.6\alpha f_c \quad (3.2.1-1)$$

$$\alpha = \delta\rho \quad (3.2.1-2)$$

式中: f_g ——灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值, 该值不应大于未灌孔砌体抗压强度设计值的 2 倍;
 f ——未灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值, 应按表 3.2.1-4 采用;
 f_c ——灌孔混凝土的轴心抗压强度设计值;
 α ——混凝土砌块砌体中灌孔混凝土面积与砌体毛面积的比值;
 δ ——混凝土砌块的孔洞率;
 ρ ——混凝土砌块砌体的灌孔率, 系截面灌孔混凝土面积与截面孔洞面积的比值, 灌孔率应根据受力或施工条件确定, 且不应小于 33%。

* 设计参数输出 *

```

总信息 .....
结构类别: 砌体结构
结构总层数: 1
结构总高度(m): 3.30
楼面刚度类型: 刚性
砌墙与砌体弹性模量比: 3.00
砌体容重(kN/m3): 22.00
混凝土容重(kN/m3): 25.00
施工质量等级: B
地下室结构嵌固高度(mm): 0
结构重要性系数: 1.00
坡屋顶计算高度附加值(mm): 0
墙刚度计算方法: 常规算法
地震烈度: 6 (0.05g)
是否自动分塔计算: 是
是否采用通用规范: 是
孔洞率: 50.00%
    
```

第 1 层砌体墙结构计算结果

```

层高(mm): 3300.00
重力荷载代表值(kN): 560.90
墙体自重荷载标准值(kN): 292.72
楼面恒荷载标准值(kN): 396.90
楼面活荷载标准值(kN): 35.28
水平地震作用标准值(kN): 22.44
地震剪力标准值(kN): 22.44
当前塔当前层面积(m2): 19.71
X向总刚度: 388997.79
Y向总刚度: 388997.79
块体强度等级MU: 10.00
砂浆强度等级 M: 2.50
砂浆类型: 水泥砂浆
砌墙强度等级: 30.00
砌柱强度等级: 30.00
砌梁强度等级: 30.00
层灌孔率: 33.00%
大片墙数: 4
    
```

总结:

- ①当砌体墙中无构造柱时, 按无筋砌体进行受压验算;
当砌体墙中有构造柱时, 按组合砖墙进行受压验算。
两种受压验算公式中的稳定系数取值方法也不同。
- ②受压验算时的高厚比会考虑材料的修正系数。
高厚比专项验算没有考虑材料的修正系数。
当砂浆等级低于 M2.5 时, 软件根据 88 版砌体规范确定高厚比限值。
- ③软件采用规范公式可以计算任意砂浆强度下的砌体抗压强度。
砌体强度设计值与墙段的截面面积有关系, 应乘以调整系数 γ_a 。