

砌体结构

西安交通大学
xi'an jiao tong university

砌体结构：用块材（砖、石或砌块）和砂浆砌筑而成的结构

- 砖砌体
- 石砌体
- 砌块砌体



GB

中华人民共和国国家标准

F

GB 50003-2011

砌体结构设计规范

Code for design of masonry structures

2012-07-06 实施 2012-06-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 批准发布

中国标准出版社 北京

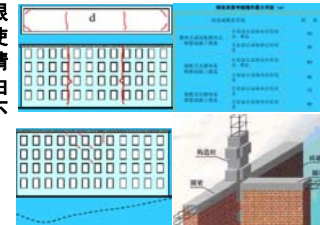
砌体结构承载力

西安交通大学
xi'an jiao tong university

砌体结构与钢筋混凝土结构相同，也采用以**概率理论为基础的极限状态设计法**设计，其按承载力极限状态设计的基本表达式为：

$$\gamma_0 S \leq R$$

砌体结构除应按承载力极限状态设计外，还应满足正常使用极限状态的要求，在一般情况下，正常使用极限状态可由相应的**构造措施**予以保证，不需验算。

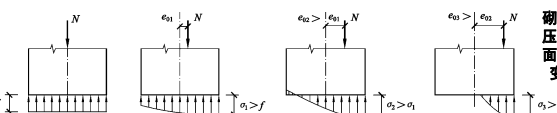
$$S \leq C$$


受压构件

西安交通大学
xi'an jiao tong university

受力状态

- 无筋砌体承受**轴心压力**时，砌体截面的应力为均匀分布，破坏时，截面所能承受的最大压应力即为砌体轴心抗压强度 f_c 。
- 当轴向压力**偏心距较小**时，截面虽全部受压，但压应力分布不均匀，破坏将发生在压应力较大一侧，且破坏时该侧边缘的压应力比轴心抗压强度 f_c 略大；
- 随着**偏心距增大**，在远离荷载的截面边缘，由受压逐步过渡到受拉。
- 若**偏心距再增大**，受拉边将出现水平裂缝，已开裂截面退出工作，实际受压截面面积将减少，此时，受压区压应力的合力将与所施加的偏心压力保持平衡。



砌体受压时截面应力变化

受压构件承载力计算基本公式



无筋砌体受压构件的承载力，除构件截面尺寸和砌体抗压强度外，主要取决于构件的高厚比 β 和偏心距 e 。无筋砌体受压构件的承载力可按下列公式进行计算：

$$N \leq N_u = \varphi f A$$

- 影响系数 φ
- 砌体抗压强度 f
- 截面面积 A

高厚比	砂浆强度等级				砂浆强度
	M5.0	M7.5	M10.0	M15.0	
1.0	0.70	0.74	0.78	0.82	0.86
1.2	0.68	0.72	0.76	0.80	0.84
1.4	0.66	0.70	0.74	0.78	0.82
1.6	0.64	0.68	0.72	0.76	0.80
1.8	0.62	0.66	0.70	0.74	0.78
2.0	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
2.2	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74
2.4	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72
2.6	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70
2.8	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68
3.0	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66
3.2	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64
3.4	0.46	0.50	0.54	0.58	0.62
3.6	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60
3.8	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58
4.0	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56
4.2	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54
4.4	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52
4.6	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50
4.8	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48
5.0	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46
5.2	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44
5.4	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42
5.6	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
5.8	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38
6.0	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
6.2	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34
6.4	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32
6.6	0.14	0.18	0.22	0.26	0.30
6.8	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28
7.0	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26
7.2	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24
7.4	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22
7.6	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20
7.8	0.02	0.06	0.10	0.14	0.18
8.0	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16

高厚比 β

- > 矩形截面 $\beta = \gamma_0 H_0/h$
- > T形截面 $\beta = \gamma_0 H_0/h_T$

截面偏心距 e/h

设计计算时应注意下列问题



- A. 矩形截面构件：当轴向力偏心方向的截面边长大于另一方向的边长时，除按偏心受压计算外，还应按较小边长方向，按轴心受压进行验算。
- B. 轴向力偏心距限值：轴向力偏心距 e 按荷载设计值计算，不应超过 $0.6y$ （ y 为截面重心到轴向力所在偏心方向截面边缘的距离），若 e 超过 $0.6y$ ，则宜采用组合砖砌体。

高厚比	截面重心到轴向力所在偏心方向截面边缘的距离 e/h					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9
1.0	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
1.2	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.63
1.4	0.86	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61
1.6	0.84	0.79	0.74	0.69	0.64	0.59
1.8	0.82	0.77	0.72	0.67	0.62	0.57
2.0	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
2.2	0.78	0.73	0.68	0.63	0.58	0.53
2.4	0.76	0.71	0.66	0.61	0.56	0.51
2.6	0.74	0.69	0.64	0.59	0.54	0.49
2.8	0.72	0.67	0.62	0.57	0.52	0.47
3.0	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
3.2	0.68	0.63	0.58	0.53	0.48	0.43
3.4	0.66	0.61	0.56	0.51	0.46	0.41
3.6	0.64	0.59	0.54	0.49	0.44	0.39
3.8	0.62	0.57	0.52	0.47	0.42	0.37
4.0	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
4.2	0.58	0.53	0.48	0.43	0.38	0.33
4.4	0.56	0.51	0.46	0.41	0.36	0.31
4.6	0.54	0.49	0.44	0.39	0.34	0.29
4.8	0.52	0.47	0.42	0.37	0.32	0.27
5.0	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
5.2	0.48	0.43	0.38	0.33	0.28	0.23
5.4	0.46	0.41	0.36	0.31	0.26	0.21
5.6	0.44	0.39	0.34	0.29	0.24	0.19
5.8	0.42	0.37	0.32	0.27	0.22	0.17
6.0	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
6.2	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.13
6.4	0.36	0.31	0.26	0.21	0.16	0.11
6.6	0.34	0.29	0.24	0.19	0.14	0.09
6.8	0.32	0.27	0.22	0.17	0.12	0.07
7.0	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05
7.2	0.28	0.23	0.18	0.13	0.08	0.03
7.4	0.26	0.21	0.16	0.11	0.06	0.01
7.6	0.24	0.19	0.14	0.09	0.04	0.00
7.8	0.22	0.17	0.12	0.07	0.02	0.00
8.0	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00	0.00

计算实例

已知一矩形截面偏心受压柱，截面为 $490\text{mm} \times 620\text{mm}$ ，采用强度等级为MU10烧结普通砖及M5混合砂浆，柱的计算高度 $H_0=5\text{m}$ ，该柱承受轴向力设计值 $N=240\text{kN}$ ，沿长边方向作用的弯矩设计值 $M=26\text{kN}\cdot\text{m}$ ，试验算其承载力。



[1] 验算长边方向的承载力

偏心距： $e=M/N=108\text{mm}$
 $y=h/2=310\text{mm}$
 $0.6y=0.6 \times 310=186\text{mm}$
 $\therefore e=108\text{mm} < 0.6y$
 \therefore 未超出轴向力偏心距限值



[2] 验算短边方向的承载力

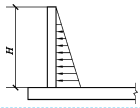
轴心受压：
 $\beta=\gamma_0 H_0/h=10.2$ 及 $e/h=0$ ，查附表得影响系数 $\varphi=0.865$ ，柱的承载力 $\varphi\gamma_0 f A=394.18\text{kN} > 240\text{kN}$ 满足要求

承载力验算：MU10砖及M5混合砂浆砌体抗压强度设计值查表得 $f=1.5\text{N/mm}^2$ 。
 ○ 截面面积 $A=0.49 \times 0.62=0.3038\text{m}^2 > 0.3\text{m}^2$ ，强度设计值调整系数 $\gamma_0=1.0$ 。
 ○ 由 $\beta=\gamma_0 H_0/h=8.06$ 及 $e/h=0.174$ ，查附表得影响系数 $\varphi=0.538$ 。
 ○ 柱的承载力 $N_u=\varphi\gamma_0 f A=245.17\text{kN} > 240\text{kN}$ 满足要求

计算实例

材料名称	强度等级	设计值
MU10烧结普通砖	M10水泥砂浆	$f = 11 \text{ kN/mm}^2$
M10水泥砂浆		$f = 1.7 \text{ N/mm}^2$
		$f = 0.136 \text{ N/mm}^2$
		$f = 44.472 \text{ kN}$

一矩形砖砌浅水池，壁厚 $H=1.4\text{m}$ ，采用MU10烧结普通砖及M10水泥砂浆砌筑，壁厚 $t=490\text{mm}$ ，若不考虑池壁自重产生的垂直压力的影响，水的单位自重设计值 $\gamma=11\text{kN/mm}^2$ ，试验算池壁承载力。



【解】池壁如固定在底板上的悬臂板一样受力，在竖方向切取 $b=1\text{m}$ 宽度竖向板带。则此板带按承受三角形水压力，上端自由，下端固定的悬臂梁计算。

受弯承载力：

- 池壁底端弯矩 $M=(11 \times 1.4^3)/6=5.03\text{kN}\cdot\text{m}$
- 截面抵抗矩 $W=4.002 \times 10^7\text{mm}^3$
- 查表得砌体沿通缝破坏弯曲抗拉强度设计值 $f_{tm}=0.17\text{N/mm}^2$ ，因采用水泥砂浆，应乘以调整系数 $\gamma=0.8$ ，故 $f_{tm}=0.8 \times 0.17=0.136\text{N/mm}^2$
- $f_{tm}W=5.4\text{kN}\cdot\text{m} > M=5.03\text{kN}\cdot\text{m}$ 满足要求

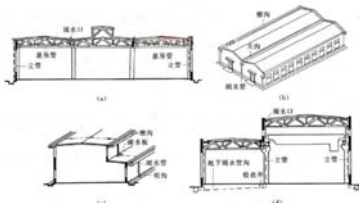
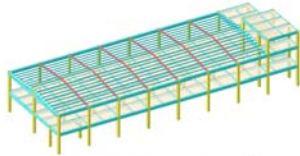
受剪承载力：

- 池壁底端的剪力 $V=(11 \times 1.4^2)/2=10.78\text{kN}$
- 截面内力臂 $z=(2/3) \times 490=327\text{mm}$
- 查表得砌体抗剪强度设计值 $f_v=0.136\text{N/mm}^2$
- $f_v b z=44.472\text{kN} > V=10.78\text{kN}$ 满足要求

混合结构



混合结构：不同部位的结构构件由两种或两种以上材料组成的结构，可以根据结构不同部位的受力特征，发挥不同材料构件的特长，使结构材料使用效率得到更充分的发挥、结构整体性能更为优越。

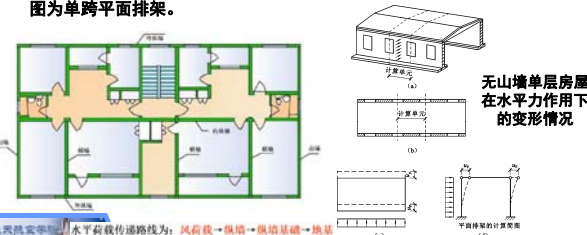


房屋的空间工作



在进行墙体的内力计算时，首先要确定计算简图。

- 情况① 考虑无山墙和横墙的单层房屋，其屋盖支承在外纵墙上。
- 如果从两个窗口中间截取一个单元，则这个单元的受力状态与整个房屋的受力状态是一样的。可以用这个单元的受力状态来代表整个房屋的受力状态，这个单元称为**计算单元**。
- 沿房屋纵向各个单元之间不存在相互制约的空间作用，这种房屋的计算简图为单跨平面排架。

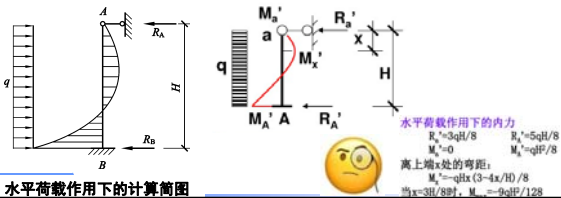


刚性方案房屋的计算



风（水平）荷载作用下墙体的内力计算

- 风荷载包括作用于屋面上和墙面上的风荷载。
 - 屋面上（包括女儿墙上）的风荷载可简化为作用于墙、柱顶端的集中力 W ，并通过屋盖直接传给横墙经基础传给地基，在纵墙中不引起内力
 - 墙面上的风荷载为均布荷载，应考虑两种风向，迎风面为压力，背风面为吸力



水平荷载作用下的计算简图

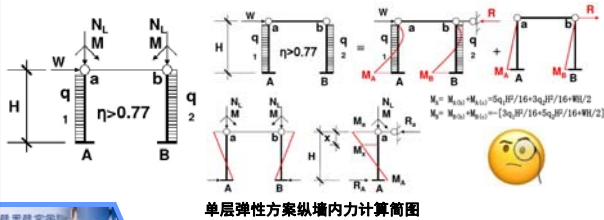
弹性及刚弹性方案房屋的计算



弹性方案房屋的计算

当房屋横墙间距超过刚性方案房屋横墙间距时，即为弹性方案房屋。弹性方案及刚弹性方案房屋一般为单层房屋。其计算时采用下列假定：

- 屋架或屋面梁与墙、柱顶端为铰接，墙、柱下端则嵌固于基础顶面；
- 把屋架或屋面梁视作一刚度无限大的水平杆件，在荷载作用下无轴向变形，所以排架柱受力后，所有柱顶的水平位移均相等。



弹性及刚弹性方案房屋的计算



刚弹性方案房屋的计算

在水平荷载作用下，刚弹性方案房屋墙顶也产生水平位移，其值比弹性方案按平面排架计算的小，但又不能忽略，其计算简图是在弹性方案房屋计算简图的基础上在柱顶加一弹性支座，以考虑房屋的空间工作。

- 设排架柱顶作用一集中力 W ，由于刚弹性方案房屋的空间工作的影响，其柱顶水平位移为 $u_c = \eta u_p$ ，较平面排架柱顶减少了 $(1-\eta)u_p$ ，根据位移与内力成正比的关系，可求出弹性支座的水平反力 $X = (1-\eta)W$
- 反力 X 与水平力的大小以及房屋空间工作性能影响系数 η 有关

