

建筑结构 设计计算及实例

(上册)

徐永基 主编



建 筑 结 构

设 计 计 算 及 实 例

(上 册)

徐永基 主编

海 南 出 版 社

琼新登字 03 号

建筑结构设计计算及实例

(上 册)

徐永基 主编

海南出版社出版发行

(海口市花园新村 20 号)

陕西省新华书店经销 澄城县印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 开本 11.5 印张 280 千字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-80590-451-0/J·5

定价:7.00 元

前 言

根据原国家建委(81)建发设字第546号文关于1982年~1985年工程建设国家标准规范编制、修订计划的通知要求,由中华人民共和国建设部负责主编,对一系列结构设计规范进行了全面修订。新的建筑结构设计国家标准均与国家标准《建筑结构设计统一标准(GBJ68—84)》配套使用。经过多年的工作,主要建筑结构设计标准,已由建设部批准,并以(89)建标字文陆续通知正式颁布,于1990年1月10日起施行。原主要建筑结构设计规范于1991年6月30日废止。

为了更好地学习、领会新规范的内容,在学习新的建筑结构设计国家标准条文的基础上,组织我院部分同志编写了各类建筑结构设计计算及工程实例,供广大技术人员学习应用时参考。

工程实例共分上、下两册,上册主要内容为:

- 1、多层砌体房屋抗震计算及六层砌体房屋抗震计算实例
- 2、单层厂房结构计算
- 3、单层厂房计算实例

第一部分抗震计算由我院曾宪玖高级工程师完成,罗笃敬副总工程师审核;例题由范源泉高级工程师完成,曾宪玖高级工程师、罗笃敬副总工程师审核,全文由徐永基总工程师审定。第二、三部分,由我院杨翠如高级工程师完成,徐永基总工程师审核并审定。

由于时间和水平所限,存在不足与不妥之处在所难免,热诚地欢迎同行读者提出宝贵意见,并给予指正。

中国建筑西北设计研究院

1993年5月

目 录

第1章 多层砌体屋抗震计算及六层砌体房屋抗震计算实例	(1)
1.1 多层砌体房屋的水平地震作用和楼层内力设计值计算	(1)
1.2 墙的柔度和刚度	(3)
1.2.1 等截面矩形墙的柔度和刚度	(3)
1.2.2 墙段的柔度和刚度	(5)
1.2.3 简单墙片的柔度和刚度	(5)
1.2.4 复杂墙片的柔度和刚度	(6)
1.3 楼层水平地震剪力设计值的分配	(6)
1.4 砌体结构抗震承载力验算	(8)
1.4.1 无筋砌体的截面抗震抗剪验算	(8)
1.4.2 横向(水平)配筋粘土砖的截面抗震承载力验算	(9)
1.4.3 芯柱混凝土小砌块墙体的截面抗震承载力验算	(10)
1.5 不利墙肢位置的探讨	(10)
1.6 总结	(22)
1.7 六层砌体房层抗震计算实例	(24)
1.7.1 基本条件	(24)
1.7.2 结构自重标准值	(24)
1.7.3 可变荷载标准值	(24)
1.7.4 楼层重力荷载代表值=结构自重标准值+组合值系数 $\times$ 可变荷载标准值	(25)
1.7.5 水平地震作用标准值及楼层剪力设计值	(26)
1.7.6 横墙墙肢分配系数及楼层剪力设计值 V_i 的分配	(27)
1.7.7 纵墙墙肢分配系数及楼层剪力设计值 V_i 的分配	(28)
1.7.8 墙肢砌体截面平均压力应力 δ_0	(30)
1.7.9 墙肢承载力设计值 $R(t=240\text{mm})$ (底层砂浆 M_{10})	(33)
1.7.10 纵墙肢配筋	(34)
第2章 单层厂房结构计算	(39)
2.1 排架的基本概念	(39)
2.1.1 排架的含义	(39)
2.1.2 排架内力分析主要解决的问题	(39)
2.1.3 计算假定和计算简图	(39)
2.2 排架的荷载	(40)
2.2.1 主要荷载介绍	(40)
2.2.2 风荷载	(41)
2.2.3 吊车垂直荷载	(41)
2.2.4 吊车水平荷载	(43)
2.2.5 地震作用	(44)

2.3 横向水平地震作用	(44)
2.3.1 单层钢筋混凝土柱厂房	(44)
2.3.2 单层砖柱厂房	(52)
2.4 纵向水平地震作用	(53)
2.4.1 厂房纵向刚度	(53)
2.4.2 单层钢筋混凝土柱厂房纵向地震作用的计算	(66)
2.4.3 单层砖柱厂房纵向地震作用计算	(81)
2.5 排架内力分析	(84)
2.5.1 柱位移计算公式	(84)
2.5.2 等高铰接排架计算公式	(90)
2.5.3 不等高铰接排架计算公式	(97)
2.6 排架的内力组合	(109)
2.6.1 确定控制截面;	(109)
2.6.2 荷载效应组合;	(110)
2.6.3 效应组合的内容	(110)
2.6.4 地震作用效应调整系数	(111)
2.7 支撑设计	(112)
2.7.1 柱间支撑	(113)
2.7.2 屋盖支撑	(117)
第3章 单层厂房计算实例	(122)
3.1 钢筋混凝土柱厂房排架计算	(122)
3.1.1 结构简图	(122)
3.1.2 荷载	(122)
3.1.3 单柱柔度及有关系数	(127)
3.1.4 内力分析	(130)
3.2 钢筋混凝土柱厂纵向抗震计算	(146)
3.2.1 例1、两跨等高单层钢筋混凝土柱厂房	(146)
3.2.2 例2、两跨不等高单层钢筋混凝土柱厂房	(151)
3.3 单层砖柱厂房计算实例	(162)
3.3.1 例1、单跨钢筋混凝土有檩屋盖砖柱厂房横向计算	(162)
3.3.2 例2、组合砖柱厂房横向计算	(166)
3.3.3 例3、轻型屋盖厂房纵向抗震计算	(170)
3.3.4 例4、钢筋混凝土有檩屋盖砖柱厂房纵向抗震计算	(173)

第 1 章 多层砌体房屋抗震计算及 六层砌体房屋抗震计算实例

本文着重介绍建筑抗震设计规范 GBJ11—89 有关多层砌体房屋抗震计算的若干规定和计算要点,并使之具体化。提出楼层水平地震剪力设计值一次分配到各墙肢上的计算公式。论证了在水平地震作用下砖砌体房屋的不利楼层和不利墙肢的位置。探讨了沿房屋高度砖墙厚度不变时,从哪些层降低砂浆强度等级较为适合。

1.1 多层砌体房屋的水平地震作用和楼层内力设计值计算

GBJ11—89 规范第 5.1.2 条对多层砌体房屋的层数和总高度作了严格限值。例如,0.24m 厚粘土砖墙,6 度区最多 8 层,最大总高度为 24m;7 度区最多 7 层,最大总高度为 21m;8 度区最多 6 层,最大总高度为 18m 和 9 度区最多 4 层,最大总高度为 12m。总的说来,多层砌体房屋的层数不多,高度不大,刚度沿高度分布一般比较均匀,并以剪切变形为主,因此水平地震作用可采用底部剪力法来计算。

多层砌体房屋可视为由每一楼层或屋盖作为一个单质点所组成的多质点系,其计算简图如图 1-1 所示。根据 GBJ11—89 第 4.2.1 条的精神,其水平地震作用可按下列计算:

$$\delta_n = 0$$

$$F_{EK} = \alpha_{max} G_{eq} \quad (1-1)$$

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{EK} \quad (1-2)$$

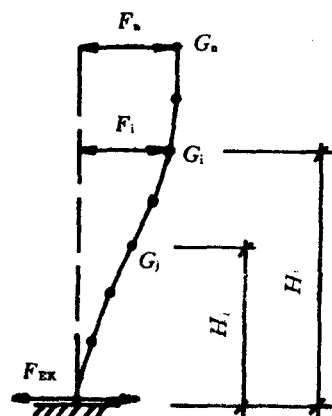


图 1-1

式中 δ_n ——顶部附加地震作用系数;

F_{EK} ——结构总水平地震作用标准值;

F_i ——i 质点的水平地震作用标准值;

α_{max} ——水平地震影响系数最大值,6 度为 0.04,7 度为 0.08,8 度为 0.16 和 9 度为 0.32;

H_i, H_j ——分别为质点 i, j 的计算高度,当无地下室时,底部标高为室外地坪下 0.3~0.5m 处;

G_i, G_j, G_n ——分别为集中于质点 i, j, n 的重力荷载代表值;

$$G_i = G_{ki} + \sum \psi Q_{ki} A_i$$

$$G_j = G_{kj} + \sum \psi Q_{kj} A_j$$

$$G_n = G_{kn} + 0.5(Q_{kn} + S_k) A$$

G_{ki}, G_{kj} ——分别为集中于质点 i, j 的永久荷载标准值, 包括该楼层重和该层上、下各半层墙、门和窗重;

G_{kn} ——屋面层永久荷载标准值, 包括屋面重、顶层上半层墙、门、窗重和突出屋面的屋顶间、女儿墙、烟囱等重;

Q_{ki}, Q_{kj}, Q_{kn} ——分别为集中于质点 i, j, n 的楼面可变荷载和屋面积灰荷载标准值;

S_k ——雪荷载标准值;

A_i, A_j, A_n 分别为从属于质点 i, j, n 可变荷载的面积;

A ——屋面面积, 包括挑檐面积;

ψ ——计算地震作用时, 可变荷载组合值系数, 按 GBJ11—89 表 4.1.3 取用;

0.5——屋面积灰荷载和雪荷载组合值系数;

G_{eq} ——结构等效总重力荷载; 为了反映多质点系底部剪力值与对应单质点剪力的差异, 取 $G_{eq} = 0.85G_E$

G_E ——总重力荷载代表值, $G_E = \sum_{i=1}^n G_i$ 。

根据 GBJ11—89 第 4.4.1 条的精神, 多层砌体房屋考虑水平地震作用时, 可不同时考虑竖向地震作用和风荷效应。结构构件的水平地震作用效应和其它荷载效应的基本内力组合的设计值和水平侧移设计值, 分别按下列各式计算:

$$V_i = \gamma_{Eh} \sum_{k=1}^n F_k \quad (1-3)$$

$$N_i = \gamma_G \sum_{k=1}^n G_k \quad (1-3.1)$$

$$M_0 = \gamma_{Eh} \sum_{i=1}^n F_i H_i \quad (1-3.2)$$

$$u_i = V_i / \sum K_{pi} \quad (1-3.3)$$

$$U = \sum_{i=1}^n u_i \quad (1-3.4)$$

式中 V_i ——第 i 楼层地震剪力设计值;

N_i ——第 i 楼层轴向力设计值;

M_0 ——基底弯矩设计值;

u_i ——第 i 层层间水平相对侧移设计值;

U ——顶点水平侧移设计值;

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数, $\gamma_{Eh} = 1.3$;

γ_G ——重力荷载分项系数, 多层砌体房屋抗震计算时重力荷载效应对构件承载力是有利的, $\gamma_G = 1.0$;

$\sum K_{pi}$ ——沿地震作用方向, 第 i 层各墙片刚度之和。

多层砌体房屋一般可以不做整体弯曲验算, 但为了保证房屋的稳定性, GBJ11—89 第 5.1.3 条规定了房屋总高度与总宽度的最大比值: 6 度和 7 度为 2.5, 8 度为 2 和 9 度为 1.5。

GBJ11—89 规范未对多层砌体房屋层间相对侧移和顶点侧移规定限值。根据砌体结构设计规范 GBJ3—88 第 3.2.2 条, 注: ①规定刚性或刚弹性方案房屋的横墙水平侧移应满足下式要求:

$$U \leq \frac{H_n}{4000}$$

可以说,当房屋满足 GBJ11—89 有关多层砌体房屋一般规定时,其水平侧移均能符合上式限值。

对突出屋面的屋顶间、女儿墙、烟囱等作局部抗震承载力验算时,其地震作用效应,宜乘以增大系数 3,此增大部分不应往下传递。

1.2 墙的柔度和刚度

1.2.1 等截面矩形墙的柔度和刚度

无洞墙片、开洞墙片的墙肢、窗台墙和门窗洞顶墙,均属等截面矩形墙,其计算简图如图 1-2 所示。

在水平剪力 $V=1$ 作用下,墙体上下端产生相对位移,它包括剪切变形和弯曲变形两个部分,从结构力学可知,墙的侧移(即柔度)为:

$$u = \frac{H_0^3}{12EI} + \frac{1.2H_0}{GA}$$

式中 H_0 ——墙的计算高度;

I ——墙横截面惯性矩, $I = \frac{1}{12}hb^3$;

A ——墙横截面面积, $A = h \cdot b$

b ——墙宽;

h ——墙厚;

E ——砌体的弹性模量;

G ——砌体的剪变模量,按砌体结构设计规范 GBJ3—88 第 2.2.5 条规定, $G = 0.4E$;

1.2——矩形截面剪应变不均匀系数。

设:墙的刚度为 K ,高宽比 $\beta_0 = \frac{H_0}{b}$,整理上式即得

$$u = \frac{\beta_0^3 + 3\beta_0}{Eh}$$

$$K = \frac{Eh}{\beta_0^3 + 3\beta_0}$$

为了使水平地震剪力的分配比较符合实际受力状况,GBJ11—89 第 5.2.3 条特有下列规定:

当 $\beta_0 < 1$ 时(大墙肢)

则 $u = \frac{3\beta_0}{Eh}, K = \frac{Eh}{3\beta_0}$

当 $1 \leq \beta_0 \leq 4$ 时(中墙肢)

则 $u = \frac{\beta_0^3 + 3\beta_0}{Eh}, K = \frac{Eh}{\beta_0^3 + 3\beta_0}$

当 $\beta_0 > 4$ 时(小墙肢)

则 $K = 0$ 即该墙肢不参与抗震

按公式(1-4)制作成表 1-1,以便工程计算时,直接查用。

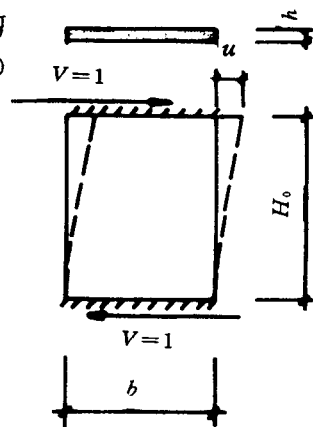


图 1-2

(1-4)

等截面矩形墙的柔度与刚度

表 1-1

β_0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26
u_0	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.66	0.72	0.78
K_0	16.667	8.333	5.556	4.167	3.333	2.778	2.381	2.083	1.852	1.667	1.515	1.389	1.282
β_0	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52
u_0	0.84	0.90	0.96	1.02	1.08	1.14	1.20	1.26	1.32	1.38	1.44	1.50	1.56
K_0	1.190	1.111	1.042	0.980	0.926	0.877	0.833	0.794	0.758	0.725	0.694	0.667	0.641
β_0	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
u_0	1.62	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.34
K_0	0.617	0.595	0.575	0.556	0.538	0.521	0.505	0.490	0.476	0.463	0.450	0.439	0.427
β_0	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.00	1.02
u_0	2.40	2.46	2.52	2.58	2.64	2.70	2.76	2.82	2.88	2.94	3.00	4.00	4.121
K_0	0.417	0.407	0.397	0.388	0.379	0.370	0.362	0.355	0.347	0.340	0.333	0.250	0.243
β_0	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28
u_0	4.245	4.371	4.500	4.631	4.765	4.902	5.041	5.183	5.328	5.476	5.627	5.780	5.937
K_0	0.236	0.229	0.222	0.216	0.210	0.204	0.198	0.193	0.188	0.183	0.178	0.173	0.168
β_0	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54
u_0	6.097	6.260	6.426	6.595	6.768	6.944	7.123	7.306	7.492	7.682	7.875	8.072	8.272
K_0	0.164	0.160	0.156	0.152	0.148	0.144	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121
β_0	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80
u_0	8.476	8.684	8.896	9.112	9.331	9.554	9.782	10.013	10.248	10.488	10.732	10.980	11.232
K_0	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089
β_0	1.82	1.84	1.86	1.88	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.04	2.06
u_0	11.489	11.750	12.015	12.285	12.559	12.838	13.121	13.410	13.702	14.000	14.302	14.610	14.922
K_0	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067
β_0	2.08	2.10	2.12	2.14	2.16	2.18	2.20	2.22	2.24	2.26	2.28	2.30	2.32
u_0	15.239	15.561	15.888	16.220	16.558	16.900	17.248	17.601	17.959	18.323	18.692	19.067	19.447
K_0	0.066	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051
β_0	2.34	2.36	2.38	2.40	2.42	2.44	2.46	2.48	2.50	2.52	2.54	2.56	2.58
u_0	19.833	20.224	20.621	21.024	21.432	21.847	22.267	22.693	23.125	23.563	24.007	24.457	24.914
K_0	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040
β_0	2.60	2.62	2.64	2.66	2.68	2.70	2.72	2.74	2.76	2.78	2.80	2.82	2.84
u_0	25.376	25.845	26.320	26.801	27.289	27.783	28.284	28.791	29.305	29.825	30.352	30.886	31.426
K_0	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.032
β_0	2.86	2.88	2.90	2.92	2.94	2.96	2.98	3.00	3.02	3.04	3.06	3.08	3.10
u_0	31.974	32.528	33.089	33.657	34.232	34.814	35.404	36.000	36.604	37.214	37.833	38.458	39.091
K_0	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026
β_0	3.12	3.14	3.16	3.18	3.20	3.22	3.24	3.26	3.28	3.30	3.32	3.34	3.36
u_0	39.731	40.379	41.034	41.697	42.368	43.046	43.732	44.426	45.128	45.837	46.554	47.280	48.013
K_0	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021
β_0	3.38	3.40	3.42	3.44	3.46	3.48	3.50	3.52	3.54	3.56	3.58	3.60	3.62
u_0	48.754	49.504	50.262	51.028	51.802	52.584	53.375	54.174	54.982	55.798	56.623	57.456	58.298
K_0	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017
β_0	3.64	3.66	3.68	3.70	3.72	3.74	3.76	3.78	3.80	3.82	3.84	3.86	3.88
u_0	59.149	60.008	60.876	61.753	62.639	63.534	64.437	65.350	66.272	67.203	68.143	69.092	70.051
K_0	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014
β_0	3.90	3.92	3.94	3.96	3.98	4.00	>4.00						
u_0	71.019	71.996	72.983	73.979	74.985	76.000	∞						
K_0	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013	0						

注:① $u = u_0/Eh$, $u_0 = 3\beta_0$ ($\beta_0 < 1$), $u_0 = \beta_0 = \beta_0^2 + 3\beta_0$ ($1 \leq \beta_0 \leq 4$) $K = K_0 Eh$, $K_0 = 1/u_0$

② 表中 1.00 表示小于 1 向 1 趋近。例如,当 $\beta_0 = 0.99$ 时,则 $u_0 = \frac{2.94 + 3.00}{2} = 2.97$,

$$\text{例 } \dots \frac{94-4.00}{2} = 3.47$$

1.2.2 墙段的柔度和刚度

其计算简图如图 1-3 所示。图 1-3a、1-3b 和 1-3c 均可分别视为某复杂墙片中的一个墙段。它们是由 NZ 个等高墙肢与其上下砌体,或与门洞顶以上砌体,或与窗台墙整体相连所组成。

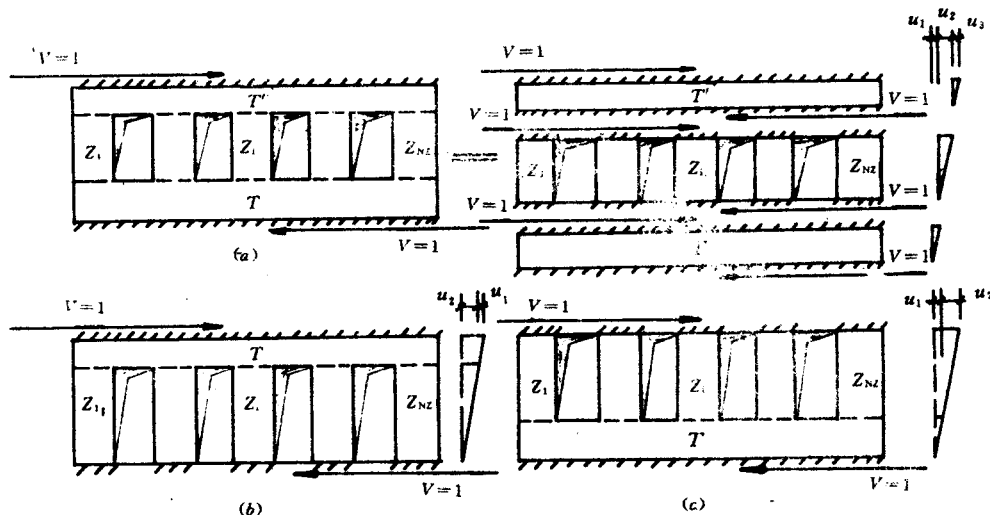


图 1-3

在水平剪力 $V=1$ 作用下,墙段的相对侧移分别按下列计算:

图 1-3a 所示墙段的柔度为

$$u_T = u_1 + u_2 + u_3$$

$$\text{式中 } u_1 = \frac{3\beta_{OT}}{Eh}; \quad u_2 = \frac{1}{\sum_{NZ} K_Z}; \quad u_3 = \frac{3\beta_{OT}}{Eh}$$

$$\text{则 } u_T = \frac{3\beta_{OT}}{Eh} + \frac{1}{\sum_{NZ} K_Z} + \frac{3\beta_{OT}}{Eh} \quad (1-5)$$

同理可得图 1-3b 和图 1-3c 所示墙段的柔度为

$$u_T = \frac{3\beta_{OT}}{Eh} + \frac{1}{\sum_{NZ} K_Z} \quad (1-5.1)$$

墙段的刚度为

$$K_T = \frac{1}{u_T} \quad (1-5.2)$$

1.2.3 简单墙片的柔度和刚度

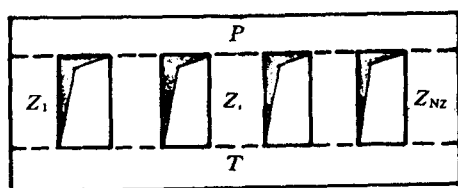
以上图 1-3a 和 1-3b 均可分别视为一简单墙片,其编码只需把图 1-3a 中 T' 改为 P ,图 1-3b 中 T 改为 P 即可,如图 1-4 所示。

简单墙片的柔度采用统一表达式为

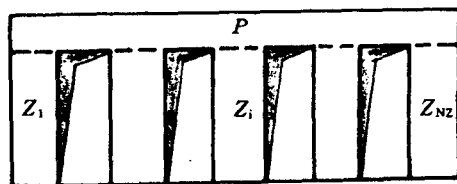
$$u_p = \frac{3\beta_{OP}}{Eh} + \frac{1}{K_T} \quad (1-6)$$

式中 K_T ——墙段的刚度,对图 1-4a 而言, K_T 按(1-5.1)和(1-5.2)式计算,对图 1-4b 而言, $K_T = \sum_{NZ} K_Z$

简单墙片的刚度为



(a)



(b)

图 1-4

$$K_p = \frac{1}{u_p}$$

(1-6.1)

1.2.4 复杂墙片的柔度和刚度

多层砌体房屋由纵、横方向各若干榀简单墙片和复杂墙片所组成。图 1-5 所示为一榀具有广泛代表性的复杂墙片计算简图。其编码说明如下：

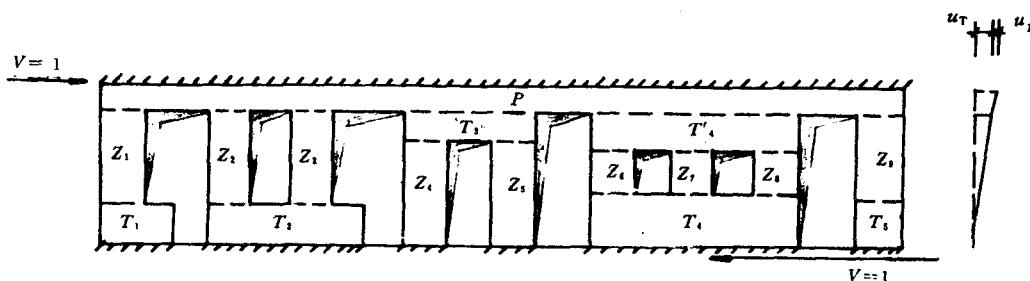


图 1-5

墙肢——门窗洞旁边的砌体，如图 1-5 中的 $Z_1 \sim Z_9$ ；

墙段——由某些门洞分割的窗台砌体或门窗洞顶部分砌体和由它们连系在一起的等高墙肢，如图 1-5 中的 $T_1, Z_1; T_2, Z_2, Z_3; T_3, Z_4, Z_5; T_4, T_4, Z_6, Z_7, Z_8$ 和 T_5, Z_9 ；

墙片——最高门窗洞顶标高以上砌体及与之连系在一起的墙段，如图 1-5 中的 $P, T_1 \sim T_5, Z_1 \sim Z_9$ 的总组成一复杂墙片。

墙段 T_5, Z_9 也可简编为 T_5 (即为无墙肢墙段)，但不能简编为 Z_9 。

设任一墙片所属墙段数为 NT ，在水平剪力 $V=1$ 作用下，复杂墙片的相对侧移为

$$u_p = u_1 + u_T$$

$$\text{式中 } u_1 = \frac{3\beta_{op}}{Eh} \quad u_T = \frac{1}{\sum_{NT} K_T}$$

$$\text{则 } u_p = \frac{3\beta_{op}}{Eh} + \frac{1}{\sum_{NT} K_T} \quad (1-7)$$

$$K_p = \frac{1}{u_p} \quad (1-7.1)$$

当 $NT=1$ 时，则公式 (1-7) 变成公式 (1-6)，即简单墙片柔度的计算公式包括在复杂墙片的计算公式中。

1.3 楼层水平地震剪力设计值的分配

设第 i 层楼的水平地震总剪力设计值为 V_i ，沿地震作用方向的墙片数为 NP ，任一墙片所属墙段数为 NT ，任一墙段所属墙肢数为 NZ 。

任一墙片分配的水平地震剪力设计值,可按 GBJ11-89 第 4.2.4 条的原则进行:

1、现浇和装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖等刚性楼盖建筑,宜按抗侧力构件等效刚度的比例分配;

$$V_{ip} = \eta_p \cdot V_i \quad (1-8)$$

式中 V_{ip} ——任一墙片 P 分配的水平地震剪力设计值;

$$\eta_p = \frac{K_{ip}}{\sum_{NP} K_{ip}}, \text{墙片 } P \text{ 的分配系数。}$$

2、木楼、屋盖等柔性楼盖建筑,宜按抗侧力构件从属面积上重力荷载代表值的比例分配;

$$V_{ip} = \frac{G_{ip}}{G_i} V_i \quad (1-9)$$

式中 G_{ip} ——第 i 层任一墙片 P 的总重力荷载代表值;

$$G_i \text{——房屋第 } i \text{ 层重力荷载代表值, } G_i = \sum_{Np} G_{ip};$$

3、普通预制板的装配式钢筋混凝土楼、屋盖的建筑(半刚性楼盖),可取上述两种分配结果的平均值;

$$V_{ip} = \frac{1}{2} (\eta_p + \frac{G_{ip}}{G_i}) V_i \quad (1-10)$$

用 α 表示楼盖刚性特征值,当 $\alpha=1$ 时为刚性楼盖;当 $\alpha=0$ 时为柔性楼盖;当 $\alpha=\frac{1}{2}$ 时为半刚性楼盖。则上述墙片剪力设计值分配可写出通式:

$$V_{ip} = [\alpha \eta_p + (1-\alpha) \frac{G_{ip}}{G_i}] V_i \quad (1-11)$$

任一墙段分配的水平地震剪力设计值:

$$V_{iT} = \eta_T \cdot V_{ip} \quad (1-12)$$

式中 $\eta_T = \frac{K_T}{\sum_{NT} K_T}$, 墙段 T 的分配系数。

任一墙肢分配的水平地震剪力设计值;

$$V_{iz} = \eta_z \cdot V_{iT}$$

将(1-11), (1-12)式代入上式便有:

$$V_{iz} = \eta_z \cdot \eta_T [\alpha \eta_p + (1-\alpha) \frac{G_{ip}}{G_i}] V_i \quad (1-13)$$

式中 $\eta_z = \frac{K_z}{\sum_{Nz} K_z}$, 墙肢 Z 的分配系数。

以下三个等式是显而易见的:

无洞实墙片: $\eta_T = \eta_z = 1$;

无窗台墙的墙片或只包含一个墙段的墙片: $\eta_T = 1$ 。

无墙肢的墙段或只有一个墙肢的墙段: $\eta_z = 1$

由公式(1-13)表明,楼层水平地震总剪力设计值可以一次直接分配到沿地震作用方向每一墙肢上,不必再按以往两次分配法的繁琐计算步骤:首先将楼层水平地震总剪力设计值分配到每一墙片上,再把每一墙片上的剪力设计值分配到该墙片所属各墙肢上。

现按不同楼盖刚性特征值分别写出具体计算公式如下:

刚性楼盖, $\alpha=1$

$$V_{ix} = \eta_i \cdot \eta_T \cdot \eta_0 \cdot V_i \quad (1-14)$$

柔性楼盖, $\alpha=0$;

$$V_{ix} = \eta_i \cdot \eta_T \cdot \frac{G_{ip}}{G_i} V_i \quad (1-15)$$

半刚性楼盖, $\alpha=0.5$;

$$V_{ix} = 0.5 \eta_i \cdot \eta_T \cdot \left(\eta_0 + \frac{G_{ip}}{G_i} \right) V_i \quad (1-16)$$

当建筑物平面布置不对称,产生扭转时,应按 GBJ11-89 有关规定对上述结果作适当调整。

据有关资料介绍:由于房屋纵向比横向长,纵向墙的间距又不大。因此,不论哪种楼盖,均可将楼、屋盖视作刚性楼盖对待。纵向水平地震剪力设计值可按纵向墙抗侧力等效刚度的比例分配,即墙肢剪力设计值可按(1-14)式计算。

当各墙片厚度相同,且其楼、屋盖单位面积的重力荷载代表值基本相等时,则有:

$$\frac{G_{ip}}{G_i} \approx \frac{A_{ip}}{A_i}$$

式中 A_{ip} ——第 i 层任一墙片 P 所承受重力荷载的荷载面积;

A_i ——第 i 层楼盖总面积, $A_i = \sum_{NP} A_{ip}$

此时, (1-15)(1-16)式中的 $\frac{G_{ip}}{G_i}$ 可用 $\frac{A_{ip}}{A_i}$ 代替。

当地震沿房屋横向作用,横向各墙片、各墙肢高度和所用材料均相同,且其高宽比 $\beta_0 < 1$ 时,则有:

$$K = \frac{Eh}{3\beta_0} = \frac{E}{3H_0} \cdot bh$$

即墙片刚度与墙的横截面面积成正比,故有:

$$\frac{K_{ip}}{\sum_{NP} K_{ip}} \approx \frac{A_{ip}}{A_{ix}}$$

式中 A_{ix} ——第 i 层无洞墙片 P 的横截面面积或开洞片 P 各墙肢横截面面积之总和;

A_{ix} ——第 i 层各横向墙片截面面积之总和, $A_{ix} = \sum_{NP} A_{ip}$

此时, (1-14)(1-16)式中的 η_0 可用 $\frac{A_{ix}}{A_{ix}}$ 代替。

1.4 砌体结构抗震承载力验算

1.4.1 无筋砌体的截面抗震抗剪验算

新规范(GBJ11-89)砌体结构抗震承载力的计算采用主拉应力和剪摩两种半理论半经验的方法。在砂浆强度等级 $> M2.5$ 且在 $1 < \sigma_0/f_v \leq 4$ 时,两种方法计算结果相近。为了保持规范的延续性,砌体的抗震承载力验算新规范采用与 TJ11-78 规范相似的表达式。

粘土砖、粉煤灰中砌块和混凝土中砌块砌体的截面抗震承载力,按下式验算:

$$V \leq \frac{f_{VE} A}{\gamma_{RE}} \quad (1-17)$$

式中 V ——砌体承受的地震剪力设计值;

A ——砌体横截面面积;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数;

砌体两端设有构造柱或芯柱时: $\gamma_{RE} = 0.9$,

自承重墙: $\gamma_{RE} = 0.75$,

其它抗震墙: $\gamma_{RE} = 1.0$,

f_{ve} ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值, $f_{ve} = \zeta_N f_v$;

f_v ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值;

ζ_N ——砌体强度的正应力影响系数,按下列计算:

粘土砖(包括承重空心砖)砌体

$$\zeta_N = \frac{1}{1.2} \sqrt{1 + 0.45 \frac{\sigma_0}{f_v}} \quad (1-18)$$

混凝土小砌块砌体

$$\zeta_N = \begin{cases} 1 + 0.25 \frac{\sigma_0}{f_v} & (\frac{\sigma_0}{f_v} \leq 5) \\ 2.25 + 0.17(\frac{\sigma_0}{f_v} - 5) & (\frac{\sigma_0}{f_v} > 5) \end{cases} \quad (1-18 \cdot 1)$$

中砌块砌体

$$\zeta_N = \begin{cases} 1 + 0.18 \frac{\sigma_0}{f_v} & (\frac{\sigma_0}{f_v} \leq 5) \\ 1.9 + 0.15(\frac{\sigma_0}{f_v} - 5) & (\frac{\sigma_0}{f_v} > 5) \end{cases} \quad (1-18 \cdot 2)$$

σ_0 为验算墙肢截面处对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力(MPa),按下式计算

$$\sigma_0 = \frac{N_z}{A_z} \quad (1-19)$$

式中 N_z ——墙肢所承受的压力(N);

A_z ——墙肢的截面面积(mm²).

ζ_N 值直接查表 1-2

砌体强度的正应力影响系数 ζ_N

表 1-2

砌体 类别	σ_0/f_v																								
	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	18.0	20.0	22.0	25.0					
粘土砖	0.833	1.003	1.149	1.277	1.394	1.502	1.603	1.698	1.787	1.873	1.954	2.033	2.108	2.181	2.252	2.320									
粉煤灰 中砌块 混凝土 中砌块		1.180	1.360	1.540	1.720	1.902	2.050	2.200	2.350	2.500	2.650	2.800	2.950	3.100	3.250	3.400	3.550	3.700	3.850	4.000	4.150	4.300	4.450	4.600	
混凝土 小砌块		1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.420	2.590	2.760	2.930	3.100	3.270	3.440	3.610	3.780	3.950	4.120	4.290	4.460	4.630	4.800				

1.4.2 横向(水平)配筋粘土砖的截面抗震承载力验算

和 TJ11-74 抗震规范思路一致,新规范认为,并为试验证实砌体配置横向钢筋可以提高其抗剪承载力,这就为不增加墙厚,节约材料,开辟了一条现实的途径。而 TJ11-78 抗震规范没有这条途径。

近年来新规范编制领导机关组织有关单位、试验研究和理论分析,修改了 TJ11-74 抗震规范附录中的有关公式,得到了既考虑发挥砌体本身作用,又有横向配筋共同工作的截面抗剪承载力验算表达式:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (f_{ve} A + 0.15 f_y A_s) \quad (1-20)$$

式中 f_y ——钢筋抗拉强度设计值;

A_s ——层间竖向截面中钢筋总截面面积。

根据试验结果表明:合理的配筋量为 0.07~0.17%。钢筋配置过少将不起作用,对砌体变形能力的改善也无明显影响,如配筋过多,又不能完全发挥作用。240mm 厚墙合理配筋量为 2 ϕ 6@313(5 皮砖)—2 ϕ 8@250(四皮砖)。

1.4.3 芯柱混凝土小砌块墙体的截面抗震承载力验算

混凝土小砌块墙体的抗震承载力由三个部分组成,即混凝土小砌块本身(包括砂浆),芯柱混凝土和芯柱中的纵向钢筋。根据四川省建研所和建研院等单位的试验研究结果,无芯柱时取 $\gamma_{RE}=1.0$,有芯柱时取 $\gamma_{RE}=0.9$,按《建筑结构设计统一标准》的校准法整理,其截面抗震承载力验算表达式为

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [f_{ve} A + (0.03 f_c A_c + 0.05 f_y A_s) \zeta_c] \quad (1-21)$$

式中 f_c ——芯柱混凝土轴心抗压强度设计值;

A_c ——芯柱截面总面积;

A_s ——芯柱钢筋截面总面积;

ζ_c ——芯柱影响系数,可按表 1-3 采用。

芯柱影响系数

表 1-3

ρ	$\rho < 0.15$	$0.15 \leq \rho < 0.25$	$0.25 \leq \rho < 0.5$	$\rho \geq 0.5$
ζ_c	0	1.00	1.10	1.15

注:填孔率 $\rho = \frac{\text{芯柱根数}}{\text{孔洞总数}}$

1.5 不利墙肢位置的探讨

规范 GBJ11-89 第 5.2.2 条对截面验算的部位有原则指示:“多层砌体房屋,可只选择承载面积较大或竖向应力较小的墙段进行截面抗剪验算”。GBJ11-89 条文说明又指出:“根据一般的经验,抗震设计时,只需对纵、横向的不利墙段进行截面验算,不利墙段为①承担地震作用较大的;②竖向压应力较小的;③局部截面较小的墙段”。

所谓不利墙肢就是指承担的地震剪力设计值与其自身抗剪承载力之比为最大的墙肢。关于截面验算的部位问题,现提出下列几个论点供设计者参考。

1. 当建筑结构各层平面大体一致,沿房屋高度砖墙厚度和砂浆强度等级不变时,哪一层的墙片或墙肢为最不利,最易遭受地震作用而破坏?

设 $G_i = G_j = 1$, $G_n = 0.75$

层高均为 H_0 ,底层计算高度取 $1.2H_0$,

按公式(1-1)、(1-2)计算出各楼层(质点)的水平地震作用标准值的比值,其结果如图 1-6 所示。

按公式(1-3)分别计算出各楼层总剪力设计值 V_i 的比值,列于表 1-4~表 1-9 中。

各楼层墙的总刚度基本相同,沿高度各层相应的墙片、墙段和墙肢的刚度基本相同,即相应的 η_p 、 η_T 、 η_c 和 $\frac{G_{ip}}{G_i}$ 也基本相等,从公式(1-11)~(1-13)可知,沿高度相应的墙片、墙段或墙肢的层间剪力设计值与楼层总剪力设计值成正比,因此,大体上可用楼层总剪力设计值比值来表示沿高度任一相应墙片、墙段或墙肢层间剪力设计值比值。

同理,可设想每楼层集中于任一相应墙片或墙肢上每延米荷载 $P_i = 1$, $P_n = 0.75$ (屋面),

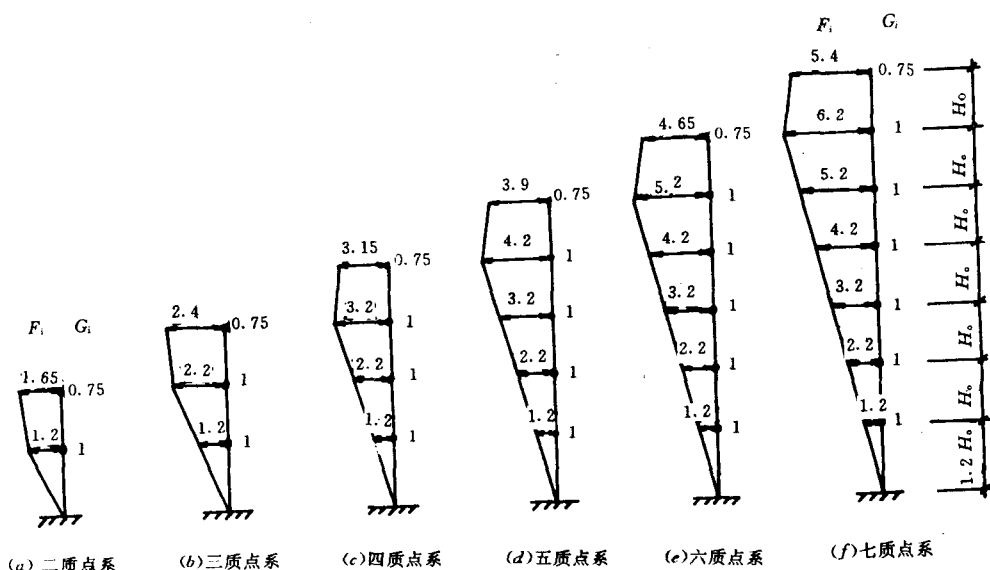


图 1-6

则第 i 层半高处墙片或墙肢的平均压应力可按下列公式计算:

$$\sigma_{oi} = \frac{n-i+P_n}{n-1+P_n} \sigma_{o1} \quad (1-22)$$

式中 σ_{o1} ——底层半高处墙片或墙肢的平均压应力。

$\frac{\sigma_{oi}}{f_v}$ 值的大小与砂浆强度等级, 建筑物总层数、层高、房屋开间尺寸、承重墙位置、自承重墙和墙的水平开洞率等诸多因素有关。不同墙片或墙肢的 $\frac{\sigma_{oi}}{f_v}$ 各不相同。为了研究不利楼层的变化规律, 必需首先讨论 $\frac{\sigma_{oi}}{f_v}$ 的变化范围, 框定其上限值和下限值。

为了确定上限值, 设想七层砖混结构, 底层砌体压应力达到砌体抗压强度设计值 (f) 其相应的荷载基本组合设计值与计算地震作用的重力荷载代表值是不相同的, 两者的关联分析如下。

一般住宅、宿舍和办公楼的永久荷载标准值按 13.5 kN/m^2 和楼层可变荷载标准值按 1.5 kN/m^2 估算。其荷载基本组合设计值为:

$$13.5 \times 1.2 + 1.5 \times 1.4 \times 0.65 = 17.565 \text{ kN/m}^2$$

式中 1.2 ——永久荷载分项系数;

1.4 ——楼面可变荷载分项系数;

0.65 ——楼面活荷载按楼层数的折减系数。

重力荷载代表值为:

$$13.5 \times 1 + 1.5 \times 0.5 = 14.25 \text{ kN/m}^2$$

式中 0.5 ——楼面可变荷载组合值系数。

则 $\frac{\text{荷载基本组合设计值}}{\text{重力荷载代表值}} = \frac{17.565}{14.25} = 1.233$

七层砖混结构假定砖强度等级为 MU15, 砂浆强度等级为 M10,

$$f = 2.44 \text{ MPa}, \quad f_v = 0.18 \text{ MPa}$$