

YJK 剪重比调整案例分析

岳阳

近期很多用户咨询关于剪重比的问题，本期刊主要介绍：

1. 基本周期位于加速度段剪重比调整；
2. 基本周期位于速度段剪重比调整；
3. 基本周期位于位移段薄弱层剪重比调整。

一、规范规定

《抗震规范》5.2.5 条、《高规》4.3.12 条明确规定了抗震验算时楼层剪重比不应小于规范给出的剪力系数 λ 。

5.2.5 抗震验算时，结构任一楼层的水平地震剪力应符合下式要求：

$$V_{Eki} > \lambda \sum_{j=i}^n G_j \quad (5.2.5)$$

式中： V_{Eki} ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力；
 λ ——剪力系数，不应小于表 5.2.5 规定的楼层最小地震剪力系数值，对竖向不规则结构的薄弱层，尚应乘以 1.15 的增大系数；
 G_j ——第 j 层重力荷载代表值。

表 5.2.5 楼层最小地震剪力系数值

类别	6 度	7 度	8 度	9 度
扭转效应明显或基本周期小于 3.5s 的结构	0.008	0.016(0.024)	0.032(0.048)	0.064
基本周期大于 5.0s 的结构	0.006	0.012(0.018)	0.024(0.036)	0.048

注：1 基本周期介于 3.5s 和 5s 之间的结构，按插入法取值；

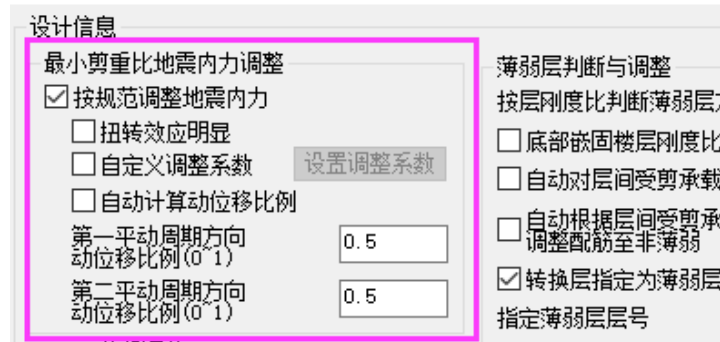
2 括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

关于剪重比的意义及调整规则，《抗震规范》5.2.5 条文说明给出了具体解释：

由于地震影响系数在长周期段下降较快，对于基本周期大于 3.5s 的结构，由此计算所得的水平地震作用下的结构效应可能太小。而对于长周期结构，地震动态作用中的地面运动速度和位移可能对结构的破坏具有更大影响，但是规范所采用的振型分解反应谱法尚无法对此作出估计。出于结构安全的考虑，提出了对结构总水平地震剪力及各楼层水平地震剪力最小值的要求，规定了不同烈度下的剪力系数，当不满足时，需改变结构布置或调整结构总剪力和各楼层的水平地震剪力使之满足要求。例如，当结构底部的总地震剪力略小于本条规定而中、上部楼层均满足最小值时，可采用下列方法调整：若结构基本周期位于设计反应谱的加速度控制段时，则各楼层均需乘以同样大小的增大系数；若结构基本周期位于反应谱的位移控制段时，则各楼层 i 均需按底部的剪力系数的差值 $\Delta\lambda_0$ 增加该层的地震剪力—— $\Delta F_{Eki} = \Delta\lambda_0 G_{Ei}$ ；若结构基本周期位于反应谱的速度控制段时，则增加值应大于 $\Delta\lambda_0 G_{Ei}$ ，顶部增加值可取动位移作用和加速度作用二者的平均值，中间各层的增加值可近似按线性分布。

二、软件中剪重比控制参数

1、参数



2、自动计算动位移比例

软件自动取结构两方向平动第一周期，计算出动位移比例系数，具体计算逻辑如下：

- 1、平动第一周期在加速度控制段：动位移比例为 0，即完全采用加速度段计算方法；
- 2、平动第一周期在位移控制段：动位移比例为 1，即完全采用位移段计算方法；
- 3、平动第一周期在速度控制段：根据主振型周期使用内插法计算动位移比例（加速度比例=1-动位移比例），然后各层按照计算比例分别乘以该层的加速度段与位移段计算方法的剪力增加值，然后相加，相加结果即速度控制段计算方法的剪力增加值。

3、第一、第二平动周期方向位移比例（0~1）

《抗震规范》5.2.5 条文说明中指出：“若结构基本周期位于反应谱的速度控制段时，则增加值应大于 $\Delta\lambda_0 G_{Ei}$ ，顶部增加值可取动位移作用和加速度作用二者的平均值，中间各层的增加值可近似按线性分布。”

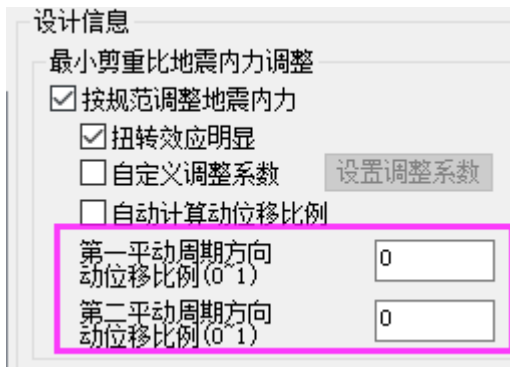
当不勾选“自动计算动位移比例”时，软件不再判断基本周期在哪个区段，完全按照用户填的比例值进行计算。此时，填 0 按加速度控制段的方法取值，填 1 按位移控制段的方法取值，填 0~1 之间的数，则各层按照计算比例分别乘以该层的加速度段与位移段计算方法的剪力增加值，然后相加，相加结果即速度控制段计算方法的剪力增加值。

三、基本周期位于加速度段剪重比调整。

《抗震规范》5.2.5 条文说明：若结构基本周期位于设计反应谱的加速度控制段时，则各楼层均需乘以同样大小的增大系数；

1.基本说明

结构模型设计地震分组为第一组，设防烈度 8(0.2g)，II 类场地，特征周期 0.35s。平动第一周期为 1.0451s，X 方向平动周期为 1.0451s；1.0451s 小于 $5 \times 0.35s$ 按加速度段进行剪重比调整，计算参数中手动调整动位移的比例为 0，使其按照加速度段进行调整。首层为地下室，由于地下室受侧土约束的影响，剪力是减小的趋势，规范也未给出明确说明，程序对地下室部分不进行剪重比调整，所以减重比的调整从第 2 自然层开始进行剪重比调整。



软件关于剪重比的结果及剪重比的调整系数在文本结果 wzq.out 中输出

2.软件关于剪重比的输出结果

X 向楼层剪力及重比

各层 X 方向的作用力 (CQC)

Floor : 层号

Tower : 塔号

Fx : X 向地震作用下结构的地震反应力

Vx : X 向地震作用下结构的楼层剪力

Mx : X 向地震作用下结构的弯矩

Static Fx: 静力法 X 向的地震力 (基本周期取质量系数最大对应的周期)

Floor	Tower	Fx (kN)	Vx (分塔剪重比) (kN)	Mx (kN-m)	Static Fx (kN)
18	1	468.09	468.09 (4.800%)	1451.09	210.83
17	1	342.56	802.31 (4.114%)	3931.37	199.70
16	1	264.08	1019.73 (3.486%)	7053.56	188.56
15	1	274.83	1169.85 (2.953%)	10552.30	188.43
14	1	278.84	1275.77 (2.580%)	14250.51	167.62
13	1	285.66	1366.40 (2.305%)	18077.11	156.39
12	1	289.37	1447.68 (2.090%)	22002.27	147.62
11	1	291.61	1519.38 (1.917%)	26012.64	136.21
10	1	318.23	1590.65 (1.772%)	30094.08	131.07
9	1	318.42	1662.76 (1.666%)	34264.67	114.13
8	1	327.62	1745.41 (1.589%)	38548.72	102.64
7	1	329.01	1839.02 (1.533%)	42985.14	91.15
6	1	329.19	1940.61 (1.492%)	47617.78	80.01
5	1	327.65	2046.68 (1.460%)	52488.92	68.47
4	1	321.49	2153.16 (1.433%)	57633.45	56.93
3	1	306.40	2253.98 (1.406%)	63073.98	45.40
2	1	315.43	2356.13 (1.370%)	68820.11	38.79
1	1	1137.62	2882.58 (1.273%)	81321.97	0.00

按规范要求的X向楼层最小剪重比 = 1.60%

X 向楼层剪重比调整系数及调整后的剪力

-----各楼层地震剪力系数调整情况-----

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
2	1	1.167	1.030	2750.76	2750.76
3	1	1.167	1.030	2631.51	2636.79
4	1	1.167	1.030	2513.80	2509.88
5	1	1.167	1.030	2389.48	2366.05
6	1	1.167	1.030	2265.64	2218.94
7	1	1.167	1.030	2147.04	2081.00
8	1	1.167	1.030	2037.75	1958.90
9	1	1.167	1.030	1941.26	1851.52
10	1	1.167	1.030	1857.07	1757.08
11	1	1.167	1.030	1773.87	1673.17
12	1	1.167	1.030	1690.16	1604.76
13	1	1.167	1.030	1595.26	1538.15
14	1	1.167	1.030	1489.45	1459.94
15	1	1.167	1.030	1365.80	1349.34
16	1	1.167	1.030	1190.52	1170.15
17	1	1.167	1.030	936.69	908.06
18	1	1.167	1.030	546.49	522.31

3.手核 X 向楼层地震剪力调整系数

(1) 第 2 自然层薄弱层的剪重比调整:

最小剪力系数: $\lambda=0.016$;

重力荷载代表值: $G_{E2}=171979.562\text{kN}$;

调整前剪力: $F_2=2356.13\text{kN}$;

按最小剪重比调整后的楼层剪力: $F_{EK2}=\lambda G_{E2}=0.016 \times 171979.562=2751.673\text{kN}$;

剪重比调整系数: $F_{EK2}/F_2=1.167$ 。

加速度段的调整系数各楼层均乘以同样大小的调整系数,一般底层的剪重比调整系数调整为 1.167。

与软件的输出结果一致。

四、基本周期位于速度段剪重比调整。

《抗震规范》5.2.5 条文说明:若结构基本周期位于反应谱的速度控制段时,则增加值应大于 $\Delta\lambda_0 G_{Ei}$,顶部增加值可取动位移作用和加速度作用二者的平均值,中间各层的增加值可近似按线性分布。

1. 软件对于基本周期基本周期位于速度段的调整说明。

平动第一周期在速度控制段:根据主振型周期使用内插法计算动位移比例(加速度比例=1-动位移比例),然后各层按照计算比例分别乘以该层的加速度段与位移段计算方法的剪力增加值,然后相加,相加结果即速度控制段计算方法的剪力增加值。

想要手核速度段的地震剪力调整系数,需要先分别算出加速度段和位移段的剪力及调整系数。

2.基本说明

结构模型设计地震分组为第一组,设防烈度 8(0.2g), II 类场地,特征周期 0.35s。平动第一周期为 0.7288s, X 方向平动周期为 0.643s; 0.7288s 小于 $5 \times 0.35s=1.75s$ 按速度段进行剪重比调整。

软件关于剪重比的结果及剪重比的调整系数是在文本结果 wzq.out 中输出。

3. 软件关于速度段剪重比的输出结果

X 向楼层剪重比

各层 X 方向的作用力(CQC)
 Floor : 层号
 Tower : 塔号
 Fx : X 向地震作用下结构的地震反应力
 Vx : X 向地震作用下结构的楼层剪力
 Mx : X 向地震作用下结构的弯矩
 Static Fx: 静力法 X 向的地震力(基本周期取质量系数最大对应的周期)

Floor	Tower	Fx (kN)	Vx (分塔剪重比) (kN)	Mx (kN-m)	Static Fx (kN)
3	1	25.41	25.41(7.311%)	101.64	34.34
2	1	29.20	52.97(5.803%)	311.11	41.88
1	1	52.26	90.92(2.544%)	999.30	131.47

按规范要求的X向楼层最小剪重比 = 3.20%

X 向楼层剪重比调整系数及调整后的剪力

=====各楼层地震剪力系数调整情况=====

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
1	1	1.258	1.000	114.36	188.91
2	1	1.201	1.000	63.61	69.23
3	1	1.192	1.000	30.28	32.15

4. 手动调整动位移的比例为 0，使其按照加速度段进行调整，输出结果如下

X 向楼层剪重比

各层 X 方向的作用力(CQC)
 Floor : 层号
 Tower : 塔号
 Fx : X 向地震作用下结构的地震反应力
 Vx : X 向地震作用下结构的楼层剪力
 Mx : X 向地震作用下结构的弯矩
 Static Fx: 静力法 X 向的地震力(基本周期取质量系数最大对应的周期)

Floor	Tower	Fx (kN)	Vx (分塔剪重比) (kN)	Mx (kN-m)	Static Fx (kN)
3	1	25.41	25.41(7.311%)	101.64	34.34
2	1	29.20	52.97(5.803%)	311.11	41.88
1	1	52.26	90.92(2.544%)	999.30	131.47

按规范要求的X向楼层最小剪重比 = 3.20%

X 向楼层剪重比调整系数及调整后的剪力

=====各楼层地震剪力系数调整情况=====

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
1	1	1.258	1.000	114.36	188.91
2	1	1.258	1.000	66.62	69.23
3	1	1.258	1.000	31.96	32.15

5. 手动调整动位移的比例为 1，使其按照位移段进行调整，输出结果如下

X 向楼层剪重比

各层 X 方向的作用力 (CQC)

Floor : 层号
 Tower : 塔号
 Fx : X 向地震作用下结构的地震反应力
 Vx : X 向地震作用下结构的楼层剪力
 Mx : X 向地震作用下结构的弯矩
 Static Fx: 静力法 X 向的地震力(基本周期取质量系数最大对应的周期)

Floor	Tower	Fx (kN)	Vx (分塔剪重比) (kN)	Mx (kN-m)	Static Fx (kN)
3	1	25.41	25.41(7.311%)	101.64	34.34
2	1	29.20	52.97(5.803%)	311.11	41.88
1	1	52.26	90.92(2.544%)	999.30	131.47

按规范要求的X向楼层最小剪重比 = 3.20%

X 向楼层剪重比调整系数及调整后的剪力

=====各楼层地震剪力系数调整情况=====

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
1	1	1.258	1.000	114.36	188.91
2	1	1.113	1.000	58.95	69.23
3	1	1.090	1.000	27.69	32.15

6.以 X 方向为例手核速度段的剪重比调整系数

(1) 根据内插法算动位移比例为 0.393

	周期	动位移比例
T _g	0.250	0.000
T	0.643	0.393
5T _g	1.250	1.000

(2) 第 1 自然层的剪重比调整

加速度段剪重比调整系数: $\lambda_0=1.258$

位移段剪重比调整系数: $\lambda_1=1.258$

速度段剪重比调整系数: $\lambda=1.258$

(3) 第 2 自然层的剪重比调整

二层剪重比调整系数

加速度段剪力增加值: $\Delta F_{21}=66.62-52.97=13.65$

位移段剪力增加值: $\Delta F_{22}=58.95-52.97=5.98$

速度段调整后剪力的增加值: $\Delta F_{23}=3.65 \times (1-0.393) + 5.98 \times 0.393 = 10.936$

速度段的调整系数: $(F_2 + \Delta F_{23}) / F_2 = (52.97 + 10.936) / 52.97 = 1.201$

(4) 三层剪重比调整系数

加速度段剪力增加值: $\Delta F_{31}=31.966-25.410=6.556$

位移段剪力增加值: $\Delta F_{32}=27.697-25.410=2.287$

速度段调整后剪力的增加值: $\Delta F_{33}=6.556 \times (1-0.393) + 2.287 \times 0.393 = 4.878$

速度段的调整系数: $(F_3 + \Delta F_{33}) / F_3 = (25.410 + 4.878) / 25.410 = 1.192$

与软件的输出结果一致

=====各楼层地震剪力系数调整情况=====

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
1	1	1.258	1.000	114.36	188.91
2	1	1.201	1.000	63.61	69.23
3	1	1.192	1.000	30.28	32.15

五、基本周期位于位移段底层为薄弱层剪重比调整。

《抗震规范》5.2.5 条文说明：若结构基本周期位于反应谱的位移控制段时，则各楼层 i 均需按底部的剪力系数的差值 $\Delta\lambda_0$ 增加该层的地震剪力—— $\Delta F_{Eki} = \Delta\lambda_0 G_{Ei}$ ；

对于薄弱层：

《高规》4.3.12 关于剪重比条文补充了：“对于竖向不规则结构的薄弱层，尚应乘以 1.15 的增大系数。”在该条文说明中指出：对于竖向不规则结构的薄弱层的水平地震剪力，本规程第 3.5.8 条规定应乘以 1.25 的增大系数，该层剪力放大 1.25 倍后仍需要满足本条的规定，即该层的地震剪力系数不应小于表 4.3.12 中数值的 1.15 倍。

对于基本周期位于位移段的调整应该都比较清晰了，接下来我们就重点说一下基本周期位于位移段，底层为薄弱层的剪重比调整。

1. 基本说明

结构模型设计地震分组为第一组，设防烈度 7(0.1g)，II 类场地，特征周期 0.25s。平动第一周期为 2.6594s，Y 方向平动周期为 2.5693s；按位移段进行剪重比调整。最小剪力系数 0.016；

首层为地下室，由于地下室受侧土约束的影响，剪力是减小的趋势，规范也未给出明确说明，程序对地下室部分不进行剪重比调整，所以减重比的调整从第 2 自然层开始进行剪重比调整；第 2 自然层和第 17 自然层为薄弱层；第 2 自然层的剪力系数为 $0.01463 < 0.016 \times 1.15 = 0.0184$ 需进行剪重比调整，第 3 自然层剪力系数为 $0.01483 < 0.016$ 第 2 自然层为薄弱层且第 3 自然层不满足剪重比的要求则以第 3 自然层为基准进行调整；

2. 软件关于剪重比的输出结果

Y 向楼层剪重比

各层 Y 方向的作用力 (CQC)

Floor : 层号

Tower : 塔号

Fy : Y 向地震作用下结构的反应力

Vy : Y 向地震作用下结构的楼层剪力

My : Y 向地震作用下结构的弯矩

Static Fy: 静力法 Y 向的地震力 (基本周期取质量系数最大对应的周期)

Floor	Tower	Fy (kN)	Vy (分塔剪重比) (kN)	My (kN-m)	Static Fy (kN)
36	1	757.46	757.46 (6.288%)	2348.14	322.02
35	1	472.29	1222.44 (5.608%)	6132.34	253.85
34	1	368.88	1554.67 (4.928%)	10921.79	247.02
33	1	329.74	1785.31 (4.323%)	16363.57	240.19
32	1	342.49	1952.63 (3.825%)	22207.69	233.35
31	1	371.23	2091.45 (3.440%)	28307.76	226.52
30	1	397.23	2227.55 (3.154%)	34605.39	221.44
29	1	405.69	2371.23 (2.947%)	41104.76	214.55
28	1	398.56	2520.51 (2.792%)	47840.99	207.67
27	1	418.96	2681.87 (2.655%)	56717.89	219.39
26	1	397.93	2812.40 (2.525%)	64093.95	202.42
25	1	388.64	2929.59 (2.417%)	71747.98	185.23
24	1	399.98	3046.23 (2.325%)	79680.08	178.34
23	1	401.83	3165.46 (2.247%)	87896.40	171.46
22	1	395.75	3285.47 (2.180%)	96406.93	164.57
21	1	394.99	3405.01 (2.119%)	105220.43	160.34
20	1	390.06	3520.00 (2.062%)	114342.26	153.34
19	1	387.23	3628.88 (2.008%)	123771.72	146.34
18	1	386.84	3730.96 (1.957%)	133502.53	139.33
17	1	427.81	3837.92 (1.903%)	146158.93	145.03
16	1	418.88	3926.47 (1.851%)	156524.05	129.73
15	1	405.05	4010.90 (1.805%)	167142.71	117.28
14	1	403.07	4094.20 (1.763%)	178003.47	110.23
13	1	402.31	4175.25 (1.723%)	189096.36	103.18
12	1	407.38	4254.39 (1.686%)	200412.06	96.13
11	1	414.68	4333.49 (1.651%)	211942.57	89.09
10	1	419.42	4414.03 (1.620%)	223682.13	82.04
9	1	423.50	4496.55 (1.591%)	235627.36	74.99
8	1	431.53	4582.18 (1.566%)	247777.12	67.94
7	1	441.56	4673.19 (1.544%)	260133.22	60.89
6	1	447.92	4771.67 (1.526%)	272701.19	54.07
5	1	443.49	4876.01 (1.510%)	285489.93	46.99
4	1	433.58	4982.71 (1.496%)	298509.47	39.92
3	1	417.13	5087.54 (1.483%)	311768.73	32.84
2	1	605.82	5253.23 (1.463%)	338154.96	41.07
1	1	2609.99	6296.89 (1.358%)	362637.78	0.00

按规范要求的Y向楼层最小剪重比 = 1.60%

Y 向楼层剪力系数

=====各楼层地震剪力系数调整情况=====

层号	塔号	X向调整系数	Y向调整系数	调整后X向剪力	调整后Y向剪力
2	1	1.031	1.006	5287.36	5287.36
3	1	1.099	1.079	5489.36	5489.36
4	1	1.097	1.078	5397.14	5372.70
5	1	1.096	1.078	5306.93	5254.17
6	1	1.094	1.077	5220.33	5137.99
7	1	1.093	1.076	5135.93	5027.68
8	1	1.091	1.075	5052.36	4924.89
9	1	1.089	1.074	4968.84	4827.48
10	1	1.087	1.072	4884.29	4733.17
11	1	1.085	1.071	4796.31	4640.85
12	1	1.084	1.069	4702.74	4549.98
13	1	1.082	1.068	4602.46	4459.05
14	1	1.080	1.066	4495.77	4366.22
15	1	1.079	1.065	4384.82	4271.14
16	1	1.077	1.063	4272.34	4174.92
17	1	1.060	1.049	4095.48	4026.85
18	1	1.073	1.060	4015.01	3954.29
19	1	1.072	1.058	3887.27	3840.50
20	1	1.070	1.057	3756.27	3719.91
21	1	1.068	1.055	3621.21	3593.22
22	1	1.066	1.054	3481.71	3461.97
23	1	1.065	1.052	3339.09	3330.45
24	1	1.063	1.050	3189.67	3199.71
25	1	1.061	1.048	3033.96	3071.56
26	1	1.059	1.046	2875.27	2942.85
27	1	1.057	1.044	2708.72	2800.20
28	1	1.054	1.042	2524.52	2626.26
29	1	1.052	1.040	2357.24	2465.47
30	1	1.049	1.037	2181.28	2310.27
31	1	1.046	1.034	1990.37	2162.66
32	1	1.043	1.031	1790.51	2012.42
33	1	1.039	1.027	1589.68	1833.68
34	1	1.034	1.024	1376.19	1591.62
35	1	1.029	1.021	1100.27	1247.97
36	1	1.025	1.019	698.34	771.57

3.手核 Y 向楼层地震剪力调整系数

(1) 第 2 自然层薄弱层的剪重比调整:

最小剪力系数: $\lambda=1.15 \times 0.016=0.0184$;

重力荷载代表值: $G_{E2}=359072.454\text{kN}$;

调整前剪力: $F_2=5253.23\text{kN}$;

按最小剪重比调整后的楼层剪力: $F_{Ek2}=\lambda G_{E2}=0.0184 \times 359072.454=6606.933\text{kN}$;

剪重比调整系数: $F_{Ek2}/(F_2 \times 1.25)=1.006$ 。

(2) 非薄弱的剪重比调整: 由于第 2 自然层为薄弱层且第 2 自然层不满足剪重比, 所以第 3 自然层作为底层进行剪重比的调整剪重比;

第 3 自然层

最小剪力系数: $\lambda=0.016$,

底部的剪力系数的差值: $\Delta\lambda_0=0.016-0.01483=0.00117$,

重力荷载代表值: $G_{E3}=343057.3163\text{kN}$;

调整前的剪力: $F_3=5087.54\text{kN}$;

按最小剪力系数调整后的楼层剪力: $F_{Ek3}=\lambda G_{E3}=0.016 \times 343057.3163=5488.92\text{kN}$;

剪重比调整系数: $F_{Ek3}/F_3=1.079$ 。

第 4 自然层

底部的剪力系数的差值: $\Delta\lambda_0=0.00117$

重力荷载代表值: $G_{E4}=333068.8503\text{kN}$;

增加的地震剪力： $\Delta F_4 = \Delta \lambda_0 G_{E4} = 0.00117 * 333068.8503 = 389.69 \text{ kN}$;

调整前的剪力： $F_4 = 4982.71 \text{ kN}$;

调整后的楼层剪力： $F_{Ek4} = F_4 + \Delta F_4 = 5372.40$;

剪重比调整系数： $F_{Ek4}/F_4 = 1.078$

第 5 自然层至第 36 自然层（除第 7 自然层）剪力系数调整同第 4 自然层的计算方法，与软件输出结果一致

（3）十七层薄弱层的剪重比调整：

结构底层的地震剪力调整系数差： $\Delta \lambda_0 = 0.016 - 0.01483 = 0.00117$ ，

重力荷载代表值： $G_{E17} = 201677.3516$;

按底层调整系数增加的剪力： $\Delta F_{17} = \Delta \lambda_0 G_{Ei} = 0.00117 * 201677.3516 = 235.96$

调整前的剪力： $F_{17} = 3839.92$;

按薄弱放大后的剪力 $F_a = F_{17} * 1.25 = 4799.9$

调整后的楼层剪力： $F_{Ek17} = F_a + \Delta F_{17} = 5035.86$;

十七层剪重比调整系数： $F_{Ek17}/F_a = 1.049$;

与软件输出结果一致。

手核结果如下，与软件输出结果一致。

层号	G_{Ei}	λ	放大后的 F_{Ei}	调整系数 F_{Ei}/F_i
36	12046.11959	6.288	771.55	1.019
35	21798.14551	5.608	1247.94	1.021
34	31547.68669	4.928	1591.58	1.024
33	41297.94124	4.323	1833.63	1.027
32	51049.15033	3.825	2012.36	1.031
31	60797.96512	3.44	2162.58	1.034
30	70626.18897	3.154	2310.18	1.037
29	80462.50424	2.947	2465.37	1.040
28	90276.14613	2.792	2626.13	1.042
27	101012.0527	2.655	2800.05	1.044
26	111382.1782	2.525	2942.72	1.046
25	121207.6955	2.417	3071.40	1.048
24	131020.6452	2.325	3199.52	1.050
23	140874.9444	2.247	3330.28	1.052
22	150709.633	2.18	3461.80	1.054
21	160689.4762	2.119	3593.02	1.055
20	170708.0504	2.062	3719.73	1.057
19	180721.1155	2.008	3840.32	1.058
18	190646.9085	1.957	3954.02	1.060
17	201677.3516	1.903	5033.36	1.049
16	212126.9584	1.851	4174.66	1.063
15	222210.5263	1.805	4270.89	1.065
14	232229.1548	1.763	4365.91	1.066
13	242324.4341	1.723	4458.77	1.068
12	252336.2989	1.686	4549.62	1.069
11	262476.6808	1.651	4640.59	1.071
10	272470.9877	1.62	4732.82	1.072
9	282624.1358	1.591	4827.22	1.074
8	292604.0868	1.566	4924.53	1.075
7	302667.7461	1.544	5027.31	1.076
6	312691.3499	1.526	5137.52	1.077
5	322914.5695	1.51	5253.82	1.077
4	333068.8503	1.496	5372.40	1.078
3	343057.3163	1.483	5488.92	1.079
2	359072.4539	1.463	6606.93	1.006

总结:

- 1.剪重比调整的起始层为地上一层，对地下室部分不进行剪重比调整。
- 2..加速度段剪重比调整各楼层均乘以同样大小的调整系数，一般底层的剪重比调整系数调整为准。
- 3..速度段剪重比调整根据主振型周期使用内插法计算动位移比例（加速度比例=1-动位移比例），然后各层按照计算比例分别乘以该层的加速度段与位移段计算方法的剪力增加值，然后相加，相加结果即速度控制段计算方法的剪力增加值。
- 4.位移段剪重比调整：

当地上一层为薄弱层且地上二层不满足剪重比要求；以地上二层为基准进行剪重比调整；地上一层应根据自身进行调整，其它楼层（非薄弱层）按地上二层基准进行剪重比调整，最小剪重比限值为 λ ；其他薄弱层的调整，要以地上二层的最小剪重比系数 λ 算出 $\Delta\lambda$ ，然后算出增加的剪力 $\Delta\lambda_0 G_{Ei}$ ，调整系数为调整后的剪力与 1.25 倍调整前剪力的比值。