

# YJK 是如何实现框支柱水平地震作用调整的

董 礼

点开构件信息，查看第三大项，程序会输出很多内力调整系数。这是由于现有的设计思路为采用多遇地震进行内力分析，通过内力调整和构造措施进行设防地震的设计。因此在单工况内力组合成设计工况之后，尚需乘以内力调整系数方可继续进行配筋设计。

这些内力调整系数常见的有强柱弱梁、强剪弱弯、0.2V<sub>0</sub>调整……除此之外还有一个调整系数在日常的构件设计中并不多见，它就是“框支柱水平地震作用调整系数（以下简称kzz）”。今天我们就来说说这个kzz到底是怎么一回事吧。

其实这个kzz是来自于《高规》的10.2.17条。

**10.2.17 部分框支剪力墙结构框支柱承受的水平地震剪力标准值应按下列规定采用：**

**1** 每层框支柱的数目不多于10根时，当底部框支层为1~2层时，每根柱所受的剪力应至少取结构基底剪力的2%；当底部框支层为3层及3层以上时，每根柱所受的剪力应至少取结构基底剪力的3%。

**2** 每层框支柱的数目多于10根时，当底部框支层为1~2层时，每层框支柱承受剪力之和应至少取结构基底剪力的20%；当框支层为3层及3层以上时，每层框支柱承受剪力之和应至少取结构基底剪力的30%。

框支柱剪力调整后，应相应调整框支柱的弯矩及柱端框架梁的剪力和弯矩，但框支梁的剪力、弯矩、框支柱的轴力可不调整。

朱炳寅老师对于《高规》该条解读中指出：“框支转换结构中，由于落地剪力墙与框支柱直接巨大的刚度差，落地剪力墙几乎承受了全部的地震剪力，框支柱按计算确定的地震剪力很小……当落地剪力墙出现裂缝后，框支柱的剪力还会增加，因此，考虑框支柱的重要性，对框支柱承受的剪力应予以放大。”

通过《高规》10.2.17-1以及10.2.17-2条我们不难看出，规范将其分成了两种情况：一种是转换层的框支柱小于十根，另一种是转换层的框支柱大于十根。下面我们就结合两个经典例题，详细介绍一下，盈建科是如何实现框支柱地震作用调整的。

## 例题一，转换层的框支柱小于十根。

工程概况：部分框支剪力墙结构。共八层，地下室一层，转换层位于第二层，嵌固端所在层号为1。

结构总体信息

结构体系 部分框支剪力墙结构

结构材料 钢筋混凝土

结构所在地区 全国

地下室层数 1

嵌固端所在层号(层顶嵌固) 1

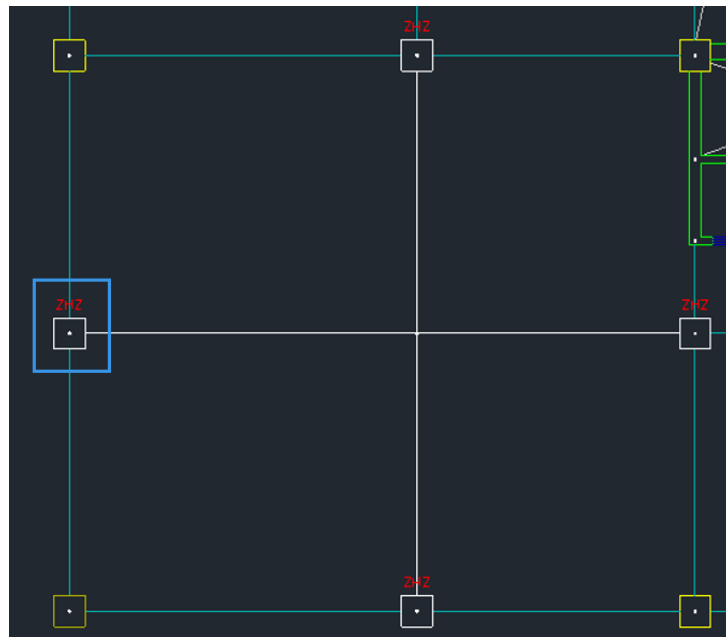
与基础相连构件最大底标高(m) 0

裙房层数 0

转换层所在层号 2

加强层所在层号

转换层共定义四根框支柱。



以上图左侧的框支柱为例，构件信息中 x 方向的  $kzxx=4.456$ 。

```

N-C=15 (I=2000026, J=1000069)(1)B*H(mm)=800*800
Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=4.80(m) Lcy=4.80(m) Nfc=2 Nfc_gz=2 Rc=
砼柱 C40 转换柱 矩形
livec=1.000 02vx=1.648, 02vy=1.645 kzxx=4.456, kzzy=2.711 kzzn=1.200
ηmu=1.200 ηvu=1.440 ηmd=1.300 ηvd=1.560
λc=3.168
( 28)Nu= -5650.7 Uc= 0.46 Rs= 2.30(%) Rsv= 1.50(%) Asc= 314
( 1)N= -6497.4 Mx= -4.0 My= 1733.9 Asxt= 1834 Asxt0=
( 28)N= -5685.0 Mx= 665.9 My= 3258.5 Asyt= 6159 Asyt0=
( 34)N= -4380.2 Mx= -1438.5 My= 62.2 Asxb= 1834 Asxb0=
( 1)N= -6497.4 Mx= -11.1 My= -176.8 Asyb= 1834 Asyb0=
( 28)N= -5685.0 Vx= -1086.6 Vy= 416.9 Ts= -39.3 Asvx=
( 28)N= -5685.0 Vx= -1086.6 Vy= 416.9 Ts= -39.3 Asvy=

```

对于框支柱小于十根的情况，规范的思路是单根柱子的剪力不应小于基底剪力的 2%或 3%，它的特征是每根柱子的  $kzz$  是不同的。如果框支层位于 1~2 层，则按照基底剪力的 2%

进行调整；如果位于 3 层以上，则按照 3% 进行调整。

本工程地下室一层，转换层所在层号为 2，也就是框支层位于 1 层，按照基底剪力的 2% 进行调整。

基底剪力取哪一层跟嵌固端位置有关，本工程嵌固端所在楼层号为 1，基底剪力就取 2 层的剪力。

我们在 wzc.out 文件中找到 X 向的基底剪力 12908.04kN。

wzc.out - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

Static Fy: 静力法 Y 向的地震力

Floor	Tower	Fy (kN)	Vy (分塔剪重比) (kN)	My (kN-m)	Static Fy (kN)
8	1	330.76	330.76(26.446%)	1157.67	311.02
8	2	363.26	363.26(29.462%)	1271.39	306.60
7	1	3141.13	3793.33(22.350%)	15564.56	3174.01
6	1	2079.16	5833.76(20.074%)	35937.58	2290.54
5	1	2517.45	8123.61(16.900%)	64070.85	3038.67
4	1	1938.74	9781.47(14.825%)	97760.77	2332.72
3	1	1867.43	11235.30(12.664%)	136176.76	2288.97
2	1	1322.66	12233.30(10.618%)	193556.71	1834.36
1	1	0.00	12233.30( 8.878%)	237022.77	0.00

抗震规范(5.2.5)条要求的Y向楼层最小剪重比 = 3.20%

=====各楼层地震剪力系数调整情况 [抗震规范(5.2.5)验算]=====

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	1.000	1.000	12908.04	12233.30
3	1	1.000	1.000	11779.11	11235.30
4	1	1.000	1.000	10112.07	9781.47
5	1	1.000	1.000	8425.13	8123.61
6	1	1.000	1.000	6049.53	5833.76
7	1	1.000	1.000	3978.83	3793.33
8	1	1.000	1.000	348.74	330.76
8	2	1.000	1.000	348.71	363.26

我们再在构件信息中找到这根柱X向的地震剪力，取EX地震单工况调整前的剪力 57.9kN。如果需要核对 Y 向的剪力，则取 EY 地震单工况调整前的剪力 90.3kN。

Shear-X, Shear-Y: X, Y 方向的底部剪力

Axial : 轴力

Mx-Btm, My-Btm : X, Y 方向的底部弯矩

Mx-Top, My-Top : X, Y 方向的顶部弯矩

N-C : 柱编号

Node-i, Node-j : 上下节点号

DL, Angle : 柱长度, 布置角度

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*( EX)	57.9	-45.9	122.0	124.0	76.8	-96.3	-201.3
( EX)	277.8	-204.5	158.1	552.7	368.7	-429.2	-964.7
*( EX+)	54.5	-44.4	114.2	120.0	72.2	-93.1	-189.3
( EX+)	242.8	-197.8	137.1	534.6	321.8	-415.1	-843.8
*( EX-)	61.4	-48.4	129.8	130.8	81.4	-101.5	-213.2
( EX-)	273.5	-215.7	155.8	582.8	362.8	-452.5	-950.1
*( EY)	-27.1	90.3	-58.3	-244.0	-36.2	189.2	93.8
( EY)	-73.4	266.5	-142.8	-720.6	-98.1	558.9	254.2
*( EY+)	-27.5	95.5	-60.0	-258.1	-37.0	200.3	95.2
( EY+)	-74.6	258.9	-72.0	-699.8	-100.2	542.9	258.2
*( EY-)	-26.9	85.1	-57.2	-230.0	-35.8	178.3	93.2
( EY-)	-72.8	230.6	-68.6	-623.5	-97.0	483.3	252.7
*( EY&Y)	-55.9	70.8	-121.1	-191.4	-75.0	148.5	103.1

$12908.04kN \times 0.02 = 258.16kN$ ， $258.16/57.9 = 4.458$ ，因此  $k_{zxx} = 4.458$ 。

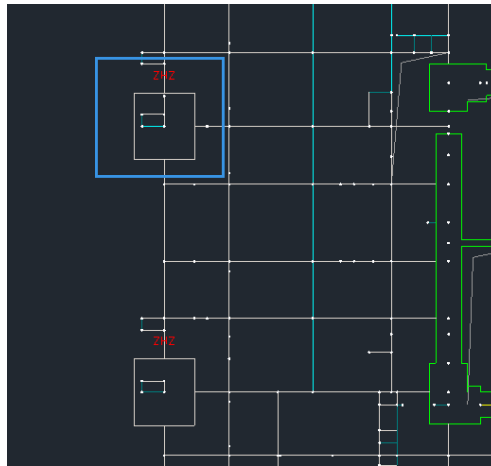
### 例题二，转换层的框支柱大于十根。

工程概况：部分框支剪力墙结构。共 57 层，地下室三层，转换层位于第七层，嵌固端所在层号为 3。

结构总体信息

结构体系	部分框支剪力墙结构
结构材料	钢筋混凝土
结构所在地区	全国
地下室层数	3
嵌固端所在层号(层顶嵌固)	3
与基础相连构件最大底标高(m)	0
裙房层数	6
转换层所在层号	7
加强层所在层号	

转换层共定义 12 根框支柱。以下图左侧的框支柱为例，构件信息中 y 方向的  $kzzy=1.064$ 。



```

-----
N-C=18 (I=7000918, J=6000081)(1)B*H(mm)=1900*2100
Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=7.65(m) Lcy=7.65(m) Nfc=0 Nfc_gz=0 Rcc=60.0 Fy=360 Fyv=360
砼柱 C60 转换柱 矩形 短柱
livec=1.000 jzx=1.001, jzy=1.000 jzz=1.079 brc=1.250 02vx=1.101, 02vy=1.500 kzzx=1.000, kzzy=1.064 kzzn=1.800
ηmu=1.800 ηvu=3.024 ηmd=1.680 ηvd=2.822
λc=1.859
( 55)Nu= -61825.7 Uc= 0.56 Rs= 1.60(%) Rsv= 1.60(%) Asc= 490

```

对于框支柱大于十根的情况，规范的思路是本层所有框支柱剪力之和不应小于基底剪力的 20%或 30%，它的特征是每根柱子的  $kzz$  是相同的。如果框支层位于 1~2 层，则按照基底剪力的 20%进行调整；如果位于 3 层以上，则按照 30%进行调整。

本工程地下室三层，转换层所在层号为 7，也就是框支层位于 4 层，按照基底剪力的 30%进行调整。

基底剪力取哪一层跟嵌固端位置有关，本工程嵌固端所在楼层号为 3，基底剪力就取 4 层的剪力。我们在 `wzq.out` 文件中找到 Y 向的基底剪力 16054.93kN。

wzq.out - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

2	1	910.89	34577.83 ( 3.564%)
1	1	680.58	34771.89 ( 3.407%)

竖向地震最小地震作用系数 = 5.00%

=====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	1.000	1.000	14740.27	17422.08
2	1	1.000	1.000	14522.32	17204.71
3	1	1.000	1.000	14151.10	16721.21
4	1	1.001	1.000	13785.71	16054.93
5	1	1.001	1.000	13361.97	15463.48
6	1	1.001	1.000	12721.57	14629.39
7	1	1.001	1.000	10994.07	12237.45
8	1	1.000	1.000	9602.12	10929.40

我们再在 vv02q.out 文件中找到所有框支柱的 Y 方向的总剪力 4527.3kN。

vv02q.out - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

\*\*\*\*\*  
 框架柱地震剪力百分比  
 \*\*\*\*\*

层号	塔号	柱剪力	框支柱剪力	墙剪力	总剪力	柱剪力百分比	柱剪力与分段基底剪力百分比
15	1	Y	0.0	0.0	9100.0	0.00%	0.00%
14	1	Y	0.0	0.0	9244.3	0.00%	0.00%
13	1	Y	0.0	0.0	9396.1	0.00%	0.00%
12	1	Y	0.0	0.0	9553.0	0.00%	0.00%
11	1	Y	0.0	0.0	9714.0	0.00%	0.00%
10	1	Y	0.0	0.0	9881.7	0.00%	0.00%
9	1	Y	0.0	0.0	10052.7	0.00%	0.00%
8	1	Y	0.0	0.0	10239.4	0.00%	0.00%
7	1	Y	3482.2	4527.3	8000.8	28.46%	19.99%
6	1	Y	3304.0	2498.7	10834.4	22.58%	18.96%
5	1	Y	1735.2	1010.2	13551.9	11.22%	9.96%
4	1	Y	2160.6	1869.5	13236.6	13.46%	12.40%
3	1	Y	1575.9	1395.4	10588.1	9.42%	9.05%
2	1	Y	1103.7	839.8	5984.8	6.41%	6.33%
1	1	Y	469.1	691.9	4226.6	2.69%	2.69%

$16054.93 \times 0.3 = 4816.479 \text{kN}$ ,  $4816.479 / 4527.3 = 1.064$ , 因此  $k_{zy} = 1.064$ 。

### 相关参数改进

在 5.0 之前的版本中，程序对于 10.2.17 条仅实现了下图中蓝框所框部分，对于红框所框部分程序尚未进行调整。

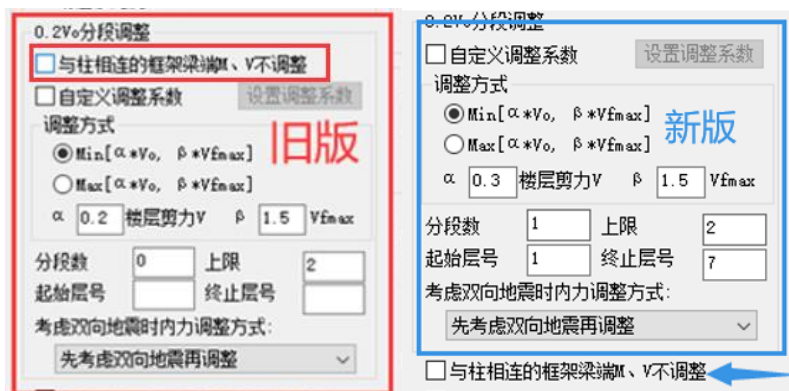
**10.2.17 部分框支剪力墙结构框支柱承受的水平地震剪力标准值应按下列规定采用：**

**1** 每层框支柱的数目不多于 10 根时，当底部框支层为 1~2 层时，每根柱所受的剪力应至少取结构基底剪力的 2%；当底部框支层为 3 层及 3 层以上时，每根柱所受的剪力应至少取结构基底剪力的 3%。

**2** 每层框支柱的数目多于 10 根时，当底部框支层为 1~2 层时，每层框支柱承受剪力之和应至少取结构基底剪力的 20%；当框支层为 3 层及 3 层以上时，每层框支柱承受剪力之和应至少取结构基底剪力的 30%。

框支柱剪力调整后，应相应调整框支柱的弯矩及柱端框架梁的剪力和弯矩，但框支梁的剪力、弯矩、框支柱的轴力可不调整。

在最新的 5.1 版本中，通过优化【与柱相连的框架梁端 M、V 不调整】我们增加了该条目的支持。



也就是说该参数在之前版本仅用于 0.2V0 相关的调整（之前版本增加该参数的目的是为了 2013 版《广东高规》8.1.4 条要求，而 2021 版《广东高规》由于直接按照设防地震进行计算，已无需再进行地震内力调整）。

目前该参数在 5.1 之后的版本主要用于对高规 10.2.17 条的支持，默认值为不勾选，也就是根据规范要求进行框架梁端的 M、V 调整。这里调整的仅为与框支柱相连的框架梁，而与之相连的框支梁不做调整。

下图为实现的一个效果：在构件信息当中，我们可以发现调整前的地震单工况为 1.2kN，薄弱层调整系数为 1.25， $kz_{zx}=5$ 。1.2kN x 5 x 1.25 = 7.4 kN。

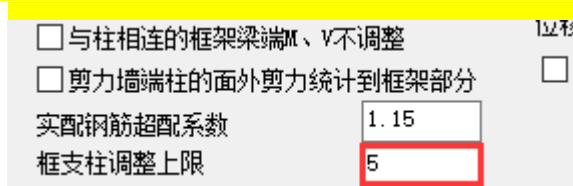
N-B : 梁编号  
Lb : 梁长度  
Node-i, Node-j: 梁左右节点号  
M-i (i=1, 2, ..., 7, J): 梁从左到右 8 等分截面上的面内弯矩  
V-i (i=1, 2, ..., 7, J): 梁从左到右 8 等分截面上的面内剪力

水平力工况 (地震力和风荷载)  
(iCase)  $1.2 * 5 * 1.25$   $V_{max}$   $N_{max}$   $T_{max}$   $M_{yi}$   $M_{yj}$   $V_{y_{max}}$

竖向力工况  
(iCase) M-I M-1 M-2 M-3 M-4 M-5 M-6 M-7 M-J  $N_{max}$   
V-i V-1 V-2 V-3 V-4 V-5 V-6 V-7 V-j  $T_{max}$

*( EX)	1.2	-1.2	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
( EX)	7.4	-7.8	-2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
*( EY)	0.2	-0.3	-0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
( EY)	1.5	-1.6	-0.5	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
*( +WX)	0.1	-0.1	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	
( +WX)	0.1	-0.1	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	
*( -WX)	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	
( -WX)	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	

值得注意的是，程序设置有“框支柱调整上限”参数，默认值是 5，支持用户手动修改。如果不想控制上限值，可以将该参数设置为一个负值或者一个很大的数。



另外，如果用户同时设置 0.2V0 的调整系数时，程序会和《高规》10.2.17 会取大值处理，不重复考虑。

关于 YJK 是如何实现框支柱地震作用调整的，您学会了么。