

关于新隔标柱轴压比在 YJK 软件中校核

胡争锋

一、前言

在建筑结构抗震设计中，轴压比是影响竖向构件破坏形态的一个重要参数，以柱为例，经试验研究证明，轴压比越大，柱预压应变 μ 就越大，损失的转角越大，截面的曲率延性越差，耗能能力越小，对结构抗震十分不利，因此结构设计控制轴压比限值就显得尤为重要。

我国《建筑抗震设计规范》6.3.6 条、《混凝土结构设计规范》11.4.16 条、《高层建筑混凝土结构技术规程》6.4.2 条以及《建筑隔震设计标准》GB/T 51408-2021（以下简称隔标）第 6.3.16 条均对柱轴压比限值做了相应的规定，其中《建筑抗震设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《高层建筑混凝土结构技术规程》柱轴压比均是采用多遇地震下的地震作用计算的，而《隔标》采用设防地震进行结构承载力和变形验算，即《隔标》柱的轴压比计算是采用设防地震下的地震作用计算的。但是对于轴压比的限值要求，《隔标》与《建筑抗震设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《高层建筑混凝土结构技术规程》保持一致。为了实现与其他现行设计标准的协调统一，《隔标》对柱轴压比的计算公式做了一定的调整，引入轴压比调整系数的概念。

二、隔标对柱轴压比计算的相关规定：

6.3.16 隔震结构设计时，钢筋混凝土柱考虑设防烈度地震组合作用的轴压比应按式(6.3.16-1)计算，且不宜超过表 6.3.16-1 的规定；建造于Ⅳ类场地且较高的高层建筑，柱轴压比限值应适当减小。

$$\mu_N = \xi N / (f_c A) \quad (6.3.16-1)$$

$$\xi = (N_{GE} + 0.36 N_E) / (N_{GE} + N_E) \quad (6.3.16-2)$$

式中： μ_N ——钢筋混凝土柱考虑设防烈度地震组合作用的轴压比；

ξ ——轴压比调整系数；

N ——钢筋混凝土柱考虑设防地震作用组合的轴压力设计值(N)；

N_{GE} ——钢筋混凝土柱在重力荷载代表值作用下的轴压力设计值(N)；

N_E ——钢筋混凝土柱在设防地震作用下的轴压力设计值(N)；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²)；

A ——钢筋混凝土柱全截面面积(mm²)。

表 6.3.16-1 柱轴压比限值

结构类型	抗震等级			
	一	二	三	四
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-抗震墙、板柱-抗震墙、框架-核心筒及筒中筒	0.75	0.85	0.90	0.95
部分框支抗震墙	0.60	0.70	—	

- 注：1 表内限值适用于剪跨比大于 2、混凝土强度等级不高于 C60 的柱；剪跨比不大于 2 且不小于 1.5 的柱，轴压比限值应降低 0.05；剪跨比小于 1.5 的柱，轴压比限值应专门研究并采取特殊构造措施；
- 2 当混凝土强度等级为 C65~C70 时，轴压比限值应比表中数值降低 0.05；当混凝土强度等级为 C75~C80 时，轴压比限值应比表中数值降低 0.10；
- 3 沿柱全高采用井字复合箍且箍筋肢距不大于 200mm，间距不大于 100mm，直径不小于 12mm；或沿柱全高采用复合螺旋箍，螺旋间距不大于 100mm，箍筋肢距不大于 200mm、直径不小于 12mm；或沿柱全高采用连续复合矩形螺旋箍，螺旋净距不大于 80mm，箍筋肢距不大于 200mm、直径不小于 10mm，轴压比限值均可增加 0.10；上述三种箍筋的最小配箍特征值均应按增大的轴压比由相关规范确定；
- 4 在柱的截面中部附加芯柱，其中另加的纵向钢筋的总面积不少于柱截面面积的 0.8%，轴压比限值可增加 0.05，此项措施与注 3 的措施共同采用时，轴压比限值可增加 0.15，但箍筋的体积配箍率仍可按轴压比增加 0.10 的要求确定；
- 5 柱轴压比不应大于 1.05。

三、YJK 软件计算隔震建筑柱轴压比校核：

1. YJK 软件计算的柱轴压比：

在设计结果—轴压比菜单查看某柱的轴压比，程序验算结果为 0.55，如图 1 所示：

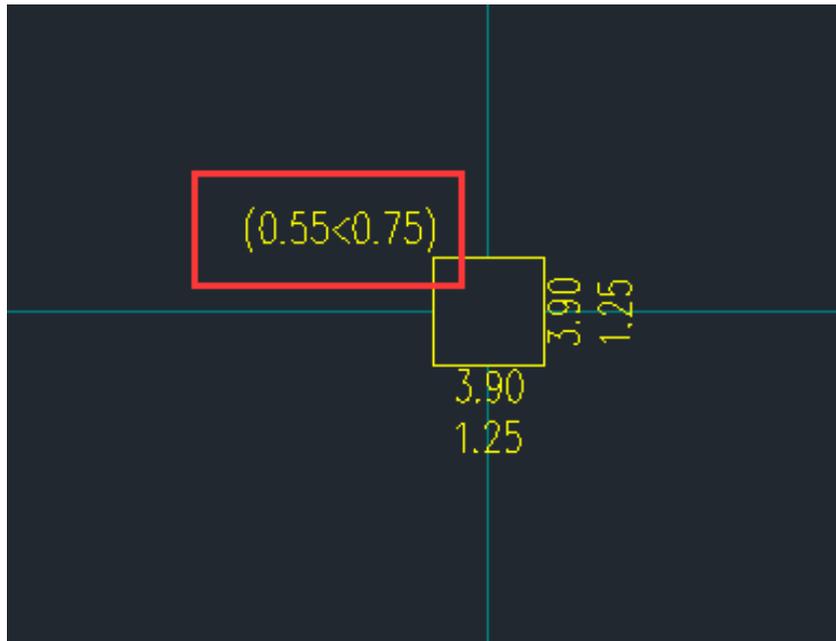


图 1 程序输出的柱轴压比

2. 柱构件信息截图：

点击构件信息查看该柱的基本计算信息，如图 2 所示，柱截面尺寸：600x600mm，混凝土强度等级 C35(混凝土轴心抗压强度设计值 16.7N/mm²)，考虑设防地震作用组合下的柱轴压力设计值 3556.4kN，

```

-----
N-C=30 (I=3000030, J=2000030)(1) B*H(mm)=600*600
Cover= 25(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=3.90(m) Lcy=3.90(m) Nfc=2 Nfc_gz=2 Rcc=35.0 Fy=360 Fyv=360
砼柱 C35 矩形 普通竖向构件
livec=1.000
ηmu=1.500 ηvu=1.950 ηmd=1.500 ηvd=1.950
λc=3.529
(41)Nu= -3556.4 Uc= 0.55 Rs= 0.85(%) Rsv= 0.60(%) Asc= 254
(38)N= -2320.7 Mx= -538.9 My= 5.3 Asxt= 1019 Asxt0= 400
(32)N= -2318.1 Mx= 22.6 My= -489.6 Asyt= 1019 Asyt0= 158
(1)N= -3997.9 Mx= 8.4 My= 12.3 Asxb= 1019 Asxb0= 0
(1)N= -3997.9 Mx= 8.4 My= 12.3 Asyb= 1019 Asyb0= 0
(37)N= -3556.4 Vx= 22.1 Vy= -426.9 Ts= 1.3 Asvx= 158 Asvx0= 63
(37)N= -3556.4 Vx= 22.1 Vy= -426.9 Ts= 1.3 Asvy= 158 Asvy0= 63
节点核心区设计结果：
(35) N= -2704.6 Vjx= 1213.7 Asvjx= 131 Asvjxcal= 0
(50) N= -1640.5 Vjy= -1311.2 Asvjy= 131 Asvjycal= 26

抗剪承载力: CB_XF= 503.00 CB_YF= 503.00

```

六、各组合分项系数

斜截面设计用组合分项系数：

组合号	DL	LL	LL1	LL2	+WX	-WX	+WY	-WY	EX	EY	EXMAX	EXM 0	EYMAX	EYM 0	EXGZ+	EXGZ-	EYGZ+	EYGZ-	EV
41	1.20	0.60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-1.30	--	--	--	--	0.50

iCase : 工况名称
 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

前面加*表示调整前内力

(iCase)	Shear-X	Shear-Y	Axial	Mx-Btm	My-Btm	Mx-Top	My-Top
*(EX)	149.6	9.1	19.2	-16.0	268.4	20.1	-317.1
(EX)	149.7	9.1	19.4	-16.0	268.5	20.1	-317.2
*(EY)	4.1	165.6	-2.7	-297.4	6.8	350.1	-9.1
(EY)	4.1	165.7	-16.6	-297.7	6.8	350.6	-9.1
*(EXMAX)	-4.7	165.4	-3.2	-297.2	-8.2	349.8	10.4
(EXMAX)	-4.7	165.7	-16.6	-297.7	-8.2	350.5	10.4
*(EXM 0)	149.6	9.1	19.2	-16.0	268.4	20.1	-317.1
(EXM 0)	149.7	9.1	19.4	-16.0	268.5	20.1	-317.2
*(EYMAX)	-149.6	-11.6	-19.2	20.3	-268.4	-25.4	317.1
(EYMAX)	-149.7	-11.6	-19.4	20.3	-268.4	-25.4	317.2
*(EYM 0)	4.1	165.6	-2.7	-297.4	6.8	350.1	-9.1
(EYM 0)	4.1	165.7	-16.6	-297.7	6.8	350.6	-9.1
*(EXGZ+)	0.2	-0.2	-0.2	0.5	-2.6	-0.2	-3.5
(EXGZ+)	0.2	-0.2	-0.2	0.5	-2.6	-0.2	-3.5
*(EXGZ-)	-0.6	0.2	0.2	-0.5	1.6	0.2	3.8
(EXGZ-)	-0.6	0.2	0.2	-0.5	1.6	0.2	3.8
*(EYGZ+)	0.0	0.2	0.1	2.9	0.0	3.9	-0.1
(EYGZ+)	0.0	0.2	0.1	2.9	0.0	3.9	-0.1
*(EYGZ-)	-0.0	-0.2	-0.1	-3.0	-0.0	-3.9	0.1
(EYGZ-)	-0.0	-0.2	-0.1	-3.0	-0.0	-3.9	0.1
*(+WX)	23.8	5.2	2.9	-9.2	42.4	11.0	-50.3
(+WX)	23.8	5.2	2.9	-9.2	42.4	11.0	-50.3
*(-WX)	-23.8	-5.2	-2.9	9.2	-42.4	-11.0	50.3
(-WX)	-23.8	-5.2	-2.9	9.2	-42.4	-11.0	50.3
*(+WY)	0.3	29.7	-0.4	-53.3	0.6	62.4	-0.6
(+WY)	0.3	29.7	-0.4	-53.3	0.6	62.4	-0.6
*(-WY)	-0.3	-29.7	0.4	53.3	-0.6	-62.4	0.6
(-WY)	-0.3	-29.7	0.4	53.3	-0.6	-62.4	0.6
*(DL)	3.3	-2.3	-2329.8	4.7	7.0	-4.4	-5.8
(DL)	3.3	-2.3	-2329.8	4.7	7.0	-4.4	-5.8
*(LL)	1.1	-0.8	-646.1	1.6	2.2	-1.5	-2.0
(LL)	1.1	-0.8	-646.1	1.6	2.2	-1.5	-2.0
*(EV)	1.3	-0.5	-789.0	1.1	2.3	-0.8	-2.7
(EV)	1.3	-0.5	-789.0	1.1	2.3	-0.8	-2.7

图2 柱构件信息

3. 按《隔标》要求进行手工校核柱在设防地震组合作用下的轴压比：

本项目未执行通用规范，重力荷载分项系数取值 1.2，水平地震作用分项系数取值 1.3，竖向地震分项系数取 0.5。将以上计算的信息代入隔标 6.3.16 条的轴压比计算公式进行手工校核，手核过程如下。

柱在重力荷载代表值作用下的轴压力设计值 N_{GE} ：

$$\begin{aligned} N_{GE} &= 1.2(1.0DL + 0.5LL) \\ &= 1.2DL + 0.6LL \\ &= 1.2 \times 2329.8 + 0.6 \times 646.1 \\ &= 2795.76 + 387.66 \\ &= 3183.42KN \end{aligned}$$

柱在设防地震作用下的轴压力设计值 N_E ：

$$\begin{aligned} N_E &= -1.3EY + 0.5EV \\ &= -1.3 \times 16.6 + 0.5 \times 789.0 \\ &= -21.58 + 394.5 \\ &= 372.92KN \end{aligned}$$

柱考虑设防地震作用组合的轴压力设计值 N ：

$$\begin{aligned} N &= N_{GE} + N_E \\ &= 3183.42 + 372.92 \\ &= 3556.34KN \end{aligned}$$

$$N = 3556.34KN \approx N_u = 3556.4KN$$

(与构件信息输出的控制轴压比的轴力一致)

轴压比调整系数 ξ ：

$$\begin{aligned}
\xi &= \frac{N_{GE} + 0.36N_E}{N_{GE} + N_E} \\
&= \frac{3183.42 + 0.36 \times 372.92}{3183.42 + 372.92} \\
&= \frac{3183.42 + 134.25}{3183.42 + 372.92} \\
&= \frac{3317.67}{3556.34} \\
&= 0.933
\end{aligned}$$

柱考虑设防烈度地震组合作用的轴压比 μ_N ：

$$\begin{aligned}
\mu_N &= \frac{\xi N}{f_c A} \\
&= \frac{0.933 \times 3556.34 \times 1000}{16.7 \times 600 \times 600} \\
&= \frac{3318065.22}{6012000} \\
&= 0.55
\end{aligned}$$

4. 结论：

手核和软件计算结果一致，轴压比均为 0.55，对于隔震建筑，如果隔震结构设计方法选用“直接设计法”，YJK 软件严格按照新隔震标准 6.3.16 条计算柱轴压比。