

钢筋混凝土结构构件 抗震设计手册

中国建筑科学研究院结构所

孙慧中 沈文都

目 录

第一章	钢筋混凝土结构构件抗震设计的基本原则和规定	(1)
一、	结构构件抗震设计的基本原则	(1)
二、	钢筋混凝土结构抗震等级的确定	(3)
三、	承载力抗震调整系数的确定	(4)
四、	结构抗震对材料性能要求	(5)
五、	受力钢筋的锚固和接头	(7)
第二章	钢筋混凝土结构构件抗震设计内力设计值的规定	(9)
第三章	钢筋混凝土结构构件抗震设计的构造规定	(11)
第四章	框架梁正截面受弯承载力计算表	(17)
第五章	框架梁斜截面受剪承载力计算表	(100)
第六章	框架柱正截面受压承载力计算图	(130)
第七章	框架柱斜截面受剪承载力计算表	(196)
第八章	框架节点受剪承载力计算表	(255)
第九章	剪力墙正截面受弯承载力计算表	(312)
第十章	剪力墙斜截面受剪承载力计算表	(507)

第一章 钢筋混凝土结构构件抗震设计的基本原则和规定

一、结构构件抗震设计的基本原则

国内外的地震震害，尤其是1976年我国唐山大地震的震害表明，钢筋混凝土结构用于地震区必须按抗震要求设防，也就是必须提高钢筋混凝土结构的抗震性能。

根据国家地震局批准的地震烈度区域图表明，我国大于或等于地震基本烈度6度的地区占全国面积约60%，而且许多主要城市和主要工业在地震区。

地震对钢筋混凝土结构的破坏程度，除了取决于地震震级、震源深浅、建筑距震中的距离以及场地情况外，结构的平面布置不对称，沿高度刚度突变、结构重心过高等，也是造成严重震害的原因。对于钢筋混凝土结构，本身设计、计算、构造上的不合理，结构的承载力和延性的不足等，同样会造成建筑物的严重损坏或倒塌。因此，对地震区的钢筋混凝土结构构件的抗震设计必须有专门的设计规定。

基于地震作用的特点，结构抗震设计的目的是：使结构具有抗御由于地面运动对结构引起的强烈震动的能力，应该说，抗御这种震动的能力首先是结构的承载能力，但如果全部用承载能力来抗御是不经济的，也是不合理的。在工程设计中，应利用结构塑性铰区域的非弹性变形能力来吸收地震能量，降低地震反应。

目前，世界各国的结构抗震设计原则基本上是统一的，即在预期的一般强度的地震时，结构不致有大的破坏，便于修复；而在意外的强烈地震时，允许产生较大的破坏，但不致于倒塌。

在新编制的《建筑抗震设计规范》（GBJ11-89）中规定结构的抗震设防目标是：当遭受低于本地区设防烈度的多遇地震时，建筑

一般不受损坏或不需修理仍可继续使用；当遭受本地区设防烈度的地震影响时，可能损坏，经一般修理仍可继续使用；当遭受高于本地区设防烈度的预估的罕遇地震影响时，不致倒塌。简而言之，结构抗震设计的总原则是“小震不坏、中震可修、大震不倒”。

在总设计原则下，具体的抗震设计采用了以强度控制和变形控制的二阶段设计方法。

第一阶段设计是截面抗震设计，此阶段的地震作用取弹性地震作用值和相应的地震作用效应，截面承载力验算按含有地震作用分项系数的设计表达式进行，由此，既能满足众值烈度（各地烈度概率密度曲线上的峰值烈度）下，结构具有必要的承载力可靠度；又能满足基本烈度下，结构进入弹塑性状态所产生的损坏是可以修复的。

第二阶段设计是结构的弹塑性变形验算，对特别重要的建筑和地震时易倒塌的结构，需进行薄弱部位的弹塑性层间变形验算。其目的是，当结构可能遭遇到预估的罕遇地震时，结构所产生的较大非弹性变形将控制在规定容许范围内，而不致于倒塌。

钢筋混凝土结构构件抗震设计的规定，是在遵循抗震设计总原则前提下，通过承载力计算和构造要求来保证结构构件的抗震性能的。

结构的抗震设计应利用结构某部位首先出现塑性铰，以塑性铰区域的非弹性变形能力来吸收地震能量。而塑性铰出现的部位不同，将会形成不同类型的破坏机构。对框架结构，由于塑性铰出现的部位不同，将会形成两种不同类型的破坏机构。一种是梁端首先出铰的梁铰型延性机构；另一种是柱端首先出铰的柱铰型机构。分析表明，梁铰型延性机构相对于柱铰型机构，在罕遇地震作用下，将具有更好的变形能力，以吸收和耗散更多的地震能量。因此，框架结构的抗震设计应遵循“强柱弱梁”的设计原则，即柱端的受弯承载力要求大于梁端的受弯承载力。同时，对框架结构、框剪结构中的框架梁和剪力墙，应通过限制纵向受拉钢筋配筋率和纵向受力

钢筋和竖向分布钢筋的配置方式、墙体开洞方法等措施增加构件的延性性能。

另外，大量试验和震害经验表明，剪力破坏是脆性的，应该从设计上加以避免。因此，对框架梁、柱、节点、剪力墙等结构的抗震设计原则还应遵循“强剪弱弯”的设计原则，即截面的受剪承载力大于受弯承载力的要求。

二、钢筋混凝土结构抗震等级的确定

钢筋混凝土结构抗震设计首先要确定结构的抗震等级。

国外，CEB-FIP《混凝土结构抗震规范》中规定了三种不同延性水平的结构，即延性水平 I、II、III；新西兰《混凝土结构设计实用规范》NZS3101规定，根据对结构不同抗震性能要求，在设计和构造上，可分延性结构、有限延性结构和弹性反应结构；美国《钢筋混凝土结构规范》ACI318-83附录A有关抗震设计规定中提出结构抗震设计分为中等震级地区、强震级地区二类不同延性要求的设计规定。

我国规范对抗震等级划分与国际上各本规范相比是更具体更明确的。影响结构抗震性能的因素很多，规范对结构构件抗震等级是根据结构类型、房屋高度、设防烈度划分为四个等级。相当于对结构延性和耗能要求上分为很高（一级）、高（二级）、较高（三级）和一般（四级）四个抗震等级，详见表1-1。

表1-1中“框支落地剪力墙的底部加强区”是指：墙肢总高度的1/8底部加强区和不小于到框支层以上一层的高度。

规范规定，对不同抗震等级的结构构件都应进行不同的截面承载力的抗震计算和满足抗震构造要求。而对设防烈度为6度时的建筑，除了建造于IV类场地上较高的高层建筑外，可不进行截面承载力的抗震计算，而只需符合有关的抗震构造要求。此外，“较高的高层建筑”是指：诸如高于40m的框架、高于60m的其它钢筋混凝土民用建筑和类似的工业厂房，以及高于100m的烟囱等高耸结构，其基本周期可能大于IV类场地反应谱特征周期 T_g ，则6度的地震作

用值可能大于同一建筑在 7 度 II 类场地下的作用值，此时仍须进行抗震验算。

钢筋混凝土结构的抗震等级

表 1-1

结构类型		设防烈度								
		6		7		8		9		
框架结构	房屋高度(m)	≤25	>25	≤35	>35	≤35	>35	≤25		
	框架	四	三	三	二	二	—	—		
框架剪力墙结构	房屋高度(m)	≤50	>50	≤60	>60	<50	50~80	>80	≤25	>25
	框架	四	三	三	二	三	二	—	二	—
	剪力墙	三	三	二	二	二	—	—	—	—
剪力墙结构	房屋高度(m)	≤60	>60	≤80	>80	<35	35~80	>80	≤25	>25
	一般剪力墙	四	三	三	二	三	二	—	二	—
	框支落地剪力墙底部加强区	三	二	二	二	二	—	不宜采用	不应采用	
	框支层框架	三	二	二	—	二	—	不宜采用	不应采用	
单层厂房结构	铰接排架	四		三		二		—		

三、承载力抗震调整系数的确定

根据国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11-89 规定，在确定地震作用分项系数的同时，给出了结构构件承载力抗震调整系数 γ_{RE} 。结构构件的截面抗震验算设计表达式为：

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}}$$

式中 R 为结构构件的承载力设计值， S 为结构构件内力组合设计值。

上述表达式说明：在钢筋混凝土结构构件抗震设计中，对框架梁、柱、节点、剪力墙的正截面承载力或受剪承载力计算公式的

右边，即抗力这一边，必须除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} 。

γ_{RE} 值与结构构件的受力性质有关（见表1-2）。

承载力抗震调整系数 γ_{RE}

表 1-2

结构构件 类别	正截面承载力计算					斜截面承载力 计算	局部受压承 载力计算
	梁	偏心受 压柱	偏心受 拉构件	剪力墙	牛腿	各类构件及 框架节点	结构的局部 受压部位
γ_{RE}	0.75	0.8	0.85	0.85	1.0	0.85	1.0

注：轴压比小于0.15的偏心受压柱，其 γ_{RE} 取0.75。

当仅考虑竖向地震作用组合时，各类结构构件的承载力抗震调整系数均取1.0。

四、结构抗震对材料性能要求

钢筋混凝土结构抗震设计中，为保证结构必要的承载能力和延性，对材料的要求，除了强度以外，还必须考虑材料的变形能力。

根据钢筋混凝土结构受力特点，提出了有关考虑抗震要求的钢筋混凝土结构构件的最低混凝土强度等级的要求：

梁、柱、框架节点：

一级抗震等级 不应低于C30；

二、三级抗震等级 不应低于C20；

剪力墙：不应低于C20。

结构构件抗震设计的关键是：依靠结构构件某些部位塑性铰区域内钢筋的塑性变形来实现塑性铰区的转动，以增加结构延性、耗散地震能量，因此，在规范中规定了结构抗震对钢筋性能的要求。

不同级别的钢筋，其强度和塑性性能是不同的，含碳量低的钢筋流幅长，伸长率大，塑性性能好；含碳量高的钢筋，没有明显的流幅，塑性性能差（见图1-1）。

规范规定，框架梁和柱的纵向受力钢筋宜选用Ⅱ、Ⅲ级钢筋；箍筋宜选用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。

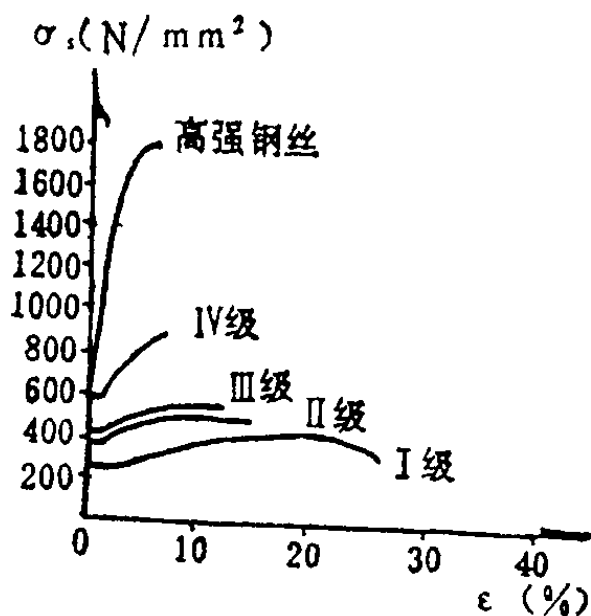


图 1-1 不同级别钢筋的 $\sigma_s \sim \epsilon$ 关系

应该注意的是：在施工中，不宜以强度等级较高的钢筋代替原设计中的钢筋，因为，抗震设计不允许任何截面的受弯承载力任意的提高。

在钢筋性能上，为了使结构某部位出现塑性铰以后具有一定的转动能力，规范对按一、二级抗震等级设计的框架结构，要求钢筋检验所得的钢筋抗拉强度实测值与屈服强度实测值之比不应小于1.25（见图1-2）。

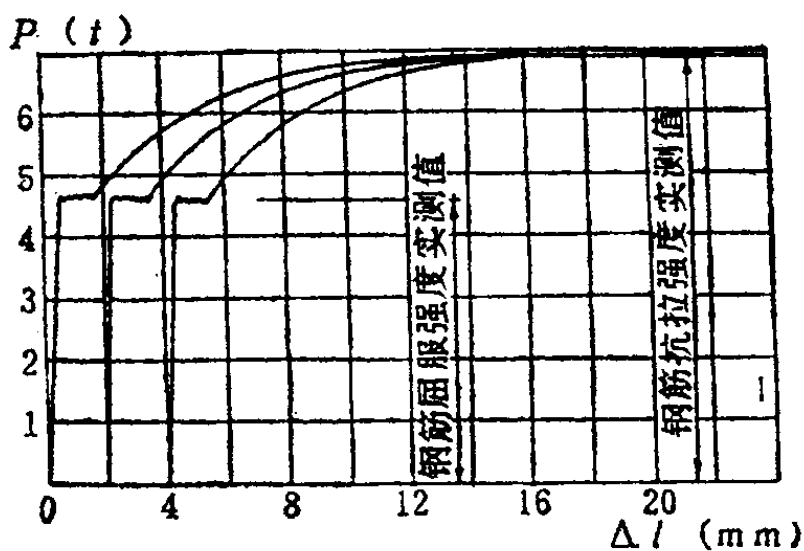


图 1-2 $\Phi 12$ 钢筋拉伸 $P-\Delta l$ 曲线

同时，为保证计算上“强柱弱梁”“强剪弱弯”设计原则的实现，还要求钢筋屈服强度实测值 f_s^s 与钢筋的强度标准值 f_{yk} 的比值，

对一级抗震等级，比值不应大于1.25；二级抗震等级，比值不应大于1.4（见图1-3）。

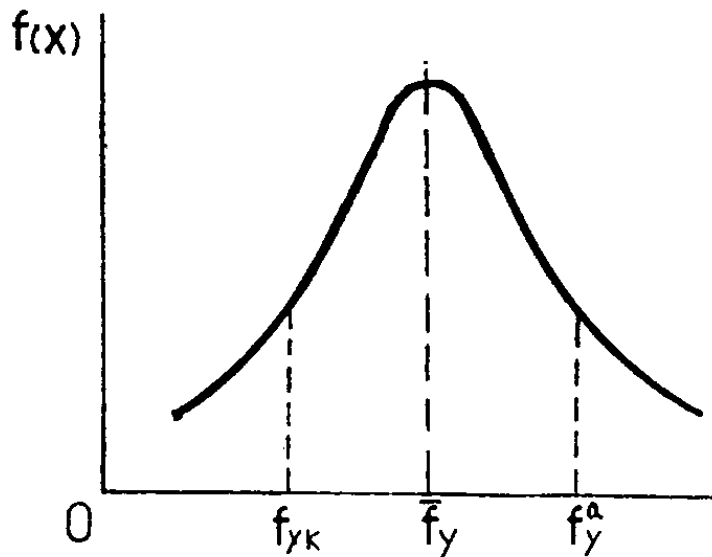


图1-3钢筋强度概率密度函数

五、受力钢筋的锚固和接头

钢筋混凝土结构构件中，钢筋和混凝土之间的粘结锚固作用是保证二种材料共同工作的基础。震害调查表明，受力钢筋的锚固不足也是造成结构构件破坏的原因之一。同时，试验研究证实了低周反复荷载作用存在着粘结退化的影响。为了保证反复荷载作用下钢筋与周围混凝土之间具有必要的粘结强度，对于考虑地震作用组合的钢筋混凝土结构构件，包括框架梁、柱和剪力墙的纵向钢筋最小锚固长度 l_{aE} 应按下式取用：

$$l_{aE} = l_a + \Delta l_a \quad (1-1)$$

此处， l_a 是静力设计中取用的纵向受拉钢筋的最小锚固长度。 Δl_a 为考虑抗震要求的附加锚固长度，其值为：

一级抗震等级 $\Delta l_a = 10d$ ；

二级抗震等级 $\Delta l_a = 5d$ ；

三、四级抗震等级 Δl_a 可不考虑。

上式中 d 为纵向受力钢筋直径。

关于受力钢筋的接头问题，试验表明，搭接钢筋的粘结锚固性能较差，其主要原因是由于搭接钢筋的受力状态是相向受力，劈裂裂缝沿两钢筋间由搭接接头的两端向中间发展，在搭接接头处纵横

裂缝较密，粘结强度降低，因此，对考虑抗震要求的受力钢筋宜优先采用焊接接头。规范规定，对一级抗震等级，应采用焊接接头；对二级抗震等级，宜采用焊接接头；对三、四级抗震等级，当钢筋直径 $d \leq 22\text{mm}$ 时，可采用非焊接的搭接接头。

对剪力墙中的分布钢筋，当其直径 $d \leq 22\text{mm}$ 时，可采用非焊接的搭接接头。

对允许采用非焊接的搭接接头，其搭接长度应在静力设计要求的最小搭接长度的基础上增加一个附加搭接长度。

一级抗震等级 $1.2l_a + 10d$ ；

二级抗震等级 $1.2l_a + 5d$ ；

三、四级抗震等级 $1.2l_a$ 。

考虑到框架底层柱和剪力墙的加强部位都是受力较大、较复杂、延性要求较高的部位，因此，纵向钢筋的接头除了一级抗震等级应采用焊接接头以外，二级抗震等级也应采用焊接接头；三级抗震等级宜采用焊接接头。

另外，为了保证箍筋对混凝土的约束作用，箍筋末端应做成不小于 135° 弯钩，弯钩端头平直段不小于 $10d$ 。

第二章 钢筋混凝土结构构件考虑抗震等级 的内力设计值的规定

内力设计值	抗震等级	框架梁	框架柱	框架节点	剪力墙
考虑抗震等级的弯矩设计值	一级	取地震作用组合弯矩设计值 M_b	$\Sigma M_c = 1.1 \Sigma M_{buE}$ $M_{buE} = \frac{M_{buk}}{r_{RE}}$ $\approx \frac{1}{r_{ER}} f_{yk} A_s^* \cdot (h_0 - a_s)$ 框架底层柱根以及框支层柱上、下端弯矩设计值取 $1.5M_c$		取地震作用组合弯矩设计值 M
	二级		$\Sigma M_c = 1.1 \Sigma M_b$ 框架底层柱根以及框支层柱上、下端弯矩设计值取 $1.5M_c$		
	三级		取地震作用组合弯矩设计值 M_c		
考虑抗震等级的剪力设计值	一级	$V_b = 1.05 \times \frac{M_{buE}^l + M_{buE}^r}{l_n} + V_{Gb}$	$V_c = 1.1 \times \frac{(M_{cuE}^t + M_{cuE}^b)}{H_n}$ $M_{cuE} = \frac{1}{r_{RE}} M_{cuK}$ (M_{cuK} 按条文说明第8.4.4条计算)	顶层中节点 $V_j = 1.05 \times \frac{(M_{buE}^l + M_{buE}^r)}{h_0 - a_s'}$ 其它层中节点和端节点 $V_j = 1.05 \times \frac{(M_{buE}^l + M_{buE}^r)}{h_0 - a_s'} \times \left(1 - \frac{h_0 - a_s'}{H_c - h_b}\right)$	底部加强区 $V_w = 1.1 \times \frac{M_{WuE}}{M} V$ 其它部位 $V_w = V$

表续

内力设计值	抗震等级	框架梁	框架柱	框架节点	剪力墙
	二级	$V_b = 1.05 \times \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb}$	$V_c = 1.1 \times \frac{(M_c^t + M_c^b)}{H_n}$	顶层中节点 $V_j = 1.05 \times \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_0 - a_s^l}$ 其它层中节点和端节点 $V_j = 1.05 \times \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_0 - a_s^l} \times \left(1 - \frac{h_0 - a_s^l}{H_c - h_b}\right)$	底部加强区 $V_w = 1.1V$ 其它部位 $V_w = V$
	三级	$V_b = \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb}$	$V_c = \frac{M_c^t + M_c^b}{H_n}$	可不验算	$V_w = V$

注：节点上柱端和下柱端弯矩设计值，可按上、下柱端弹性分析所得弯矩比对 ΣM_c 进行分配

表格中符号：

V_b ——框架梁考虑抗震等级的剪力设计值；

M_{buE}^l 、 M_{buE}^r ——框架梁左、右端考虑承载力抗震调整系数的正截面受弯承载力值；

M_b^l 、 M_b^r ——考虑地震作用组合的框架梁左、右端弯矩设计值；

V_{Gb} ——考虑地震作用组合时的重力代表值产生的剪力设计值，可按简支梁计算确定；

l_n ——梁的净跨。

ΣM_c ——考虑抗震等级的节点上、下柱端的弯矩设计值之和；节点上柱端和下柱端的弯矩设计值，一般可按上、下柱端弹性分析所得的弯矩比进行分配；

ΣM_{buE} ——节点左右梁端正截面受弯承载力值之和；

M_{buK} ——框架梁正截面受弯承载力标准值；

ΣM_b ——节点左右梁端考虑地震作用组合的弯矩设计值之和。

M_{cuE}^t 、 M_{cuE}^b ——框架柱上、下端考虑承载力抗震调整系数的正截面受弯承载力值；

M_c^t 、 M_c^b ——考虑抗震等级的框架柱上、下端弯矩设计值；

H_n ——柱的净高

M_{wUE} ——剪力墙考虑承载力抗震调整系数的正截面受弯承载力值；

M ——考虑地震作用组合的剪力墙计算部位的弯矩设计值；

V ——考虑地震作用组合的剪力墙计算部位的剪力设计值；

第三章 钢筋混凝土结构构件 抗震设计的构造规定

一、框架梁

表 3-1

截面尺寸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 梁宽不宜小于200mm, 且不宜小于柱宽$\frac{1}{2}$; 2. 梁高不宜大于$\frac{1}{4}$净跨; 3. 梁截面高宽比不宜大于4; 4. 框架梁截面(矩形、T形和I形)应符合以下要求: 一、二、三级 $V_b \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.2f_c b h_0)$ 												
梁纵向配筋要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 梁的纵向受拉钢筋的配筋率, 不应大于2.5%, 不应小于下表最小配筋率要求: <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">抗震等级</th> <th style="padding: 5px;">支 座</th> <th style="padding: 5px;">跨 中</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">一 级</td> <td style="padding: 5px;">0.4</td> <td style="padding: 5px;">0.3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">二 级</td> <td style="padding: 5px;">0.3</td> <td style="padding: 5px;">0.25</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">三、四级</td> <td style="padding: 5px;">0.25</td> <td style="padding: 5px;">0.2</td> </tr> </tbody> </table> 2. 对一、二级抗震等级, 贯通梁全长的上、下部纵向钢筋的截面面积不应小于梁的上、下部钢筋截面面积的$\frac{1}{4}$, 且至少有二根贯通钢筋; 一、二级抗震等级, 钢筋直径$> \Phi 14$; 三、四级抗震等级, 钢筋直径$> \Phi 12$; 3. 梁端加密区范围内, 纵向受压筋面积A'_s和纵向受拉筋面积A_s的比值, 应符合下列要求: 一级抗震等级 $A'_s/A_s \geq 0.5$ 二、三级抗震等级 $A'_s/A_s \geq 0.3$ 	抗震等级	支 座	跨 中	一 级	0.4	0.3	二 级	0.3	0.25	三、四级	0.25	0.2
抗震等级	支 座	跨 中											
一 级	0.4	0.3											
二 级	0.3	0.25											
三、四级	0.25	0.2											

1、梁端应设箍筋加密区，加密区的构造要求见下表：

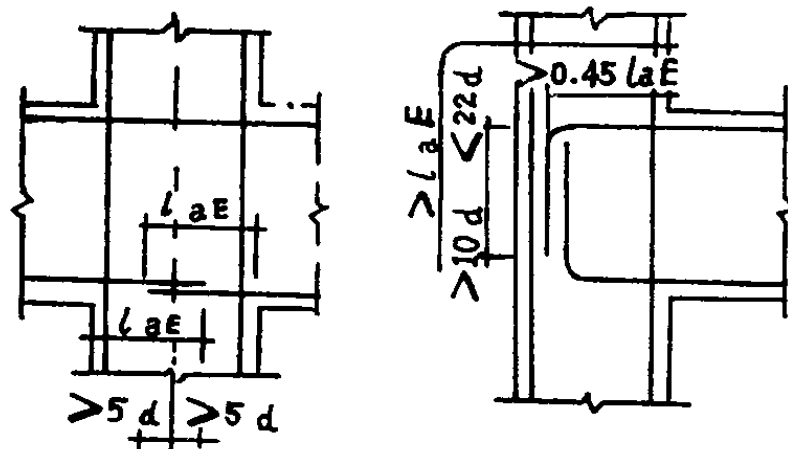
抗震等级	箍筋加密长度	最大箍筋间距	最小箍筋直径
一级	取 $2h$ 或 500mm 二者中的较大值	取纵向钢筋直径的6倍，梁高的 $1/4$ 或 100mm 三者中的最小值	$\phi 10$
二级	取 $1.5h$ 或 500mm 二者中的较大值	取纵向钢筋直径的8倍、梁高的 $1/4$ 或 100mm 三者中的最小值	$\phi 8$
三级		取纵向钢筋直径的8倍、梁高的 $1/4$ 或 150mm 三者中的最小值	$\phi 8$
四级		取纵向钢筋直径的8倍、梁高的 $1/4$ 或 150mm 三者中的最小值	$\phi 6$

梁箍筋配筋要求

- 2、箍筋加密区长度内箍筋肢距：一、二级抗震等级，不应大于 200mm ；三、四级抗震等级，不宜大于 200mm ；
- 3、沿梁全长箍筋的配筋率 ρ_{sv} 应符合下列要求：
 - 一级抗震等级 $\rho_{sv} \geq 0.035f_c/f_{yv}$
 - 二级抗震等级 $\rho_{sv} \geq 0.030f_c/f_{yv}$
 - 三、四级抗震等级 $\rho_{sv} \geq 0.025f_c/f_{yv}$

梁纵筋锚固要求

框架梁纵向钢筋伸入节点的锚固要求：



(a) 框架梁中间节点 (b) 框架梁端节点

二、框架柱

表 3-2

截面尺寸	<p>矩形截面框架柱受剪截面应符合以下要求：</p> $V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.2f_c b h_0)$																			
轴压比限值	<p>柱轴压比$N/f_c A$不宜大于下表要求：</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>抗震等级</th> <th>一 级</th> <th>二 级</th> <th>三 级</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>框 架 柱</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>框支层柱</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：H_n/h (H_n/d) < 4 或变形要求高，Ⅳ类场地较高的高层建筑的框架柱应适当加严。</p>	抗震等级	一 级	二 级	三 级	框 架 柱	0.7	0.8	0.9	框支层柱	0.6	0.7	0.8							
抗震等级	一 级	二 级	三 级																	
框 架 柱	0.7	0.8	0.9																	
框支层柱	0.6	0.7	0.8																	
柱纵向钢筋配筋要求	<ol style="list-style-type: none"> 柱全部纵向受力钢筋的配筋率：对Ⅱ、Ⅲ级钢筋不应大于4%；在搭接区段内，不应大于5%； 按一级抗震等级设计且H_n/h (H_n/d) = 3 ~ 4 时，柱的纵向受拉钢筋配筋率不宜大于1.2%，且采用复合箍筋； 纵向钢筋间距不宜大于200mm； 柱中全部纵向受力钢筋配筋率不应小于最小配筋率要求： <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">柱 类 型</th> <th colspan="4">抗 震 等 级</th> </tr> <tr> <th>一 级</th> <th>二 级</th> <th>三 级</th> <th>四 级</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>中柱、边柱</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>角 柱</td> <td>1.0</td> <td>0.9</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>	柱 类 型	抗 震 等 级				一 级	二 级	三 级	四 级	中柱、边柱	0.8	0.7	0.6	0.5	角 柱	1.0	0.9	0.8	0.7
柱 类 型	抗 震 等 级																			
	一 级	二 级	三 级	四 级																
中柱、边柱	0.8	0.7	0.6	0.5																
角 柱	1.0	0.9	0.8	0.7																
	<ol style="list-style-type: none"> 当H_n/h (或H_n/d) ≤ 4 的框架柱，框支柱和按一级抗震等级设计的角柱，应沿全长加密箍筋，间距 ≤ 100mm； 																			

2. 箍筋加密区长度内, 箍筋肢距不宜大于 200mm, 且每隔一根纵向钢筋宜有两个方向约束;
3. 柱上、下端箍筋应加密, 其箍筋配置应符合下表要求:

抗震等级	箍筋加密区长度	箍筋最大间距	箍筋最小直径
一 级	取矩形截面长边尺寸(或圆形截面直径)层间柱净高的1/6或500mm三者中的最大值	取纵向钢筋直径的6倍或100mm二者中的较小值	$\phi 10$
二 级		取纵向钢筋直径的8倍或100mm二者中较小值	$\phi 8$
三 级		取纵向钢筋直径的8倍或150mm二者中的较小值	$\phi 6$
四 级			

- 注: ① 柱在刚性地坪上、下各500mm范围内, 应按表中规定配置箍筋;
② 对三、四级抗震等级的角柱, 其箍筋的间距不应大于100mm。

4. 柱箍筋加密区的箍筋配置应满足最小体积配筋率的要求:

抗震等级	箍筋形式	轴 压 比		
		<0.4	$0.4 \sim 0.6$	>0.6
一 级	普通箍筋、复合箍筋	0.8	1.2	1.6
	螺旋箍筋	0.8	1.0	1.2
二 级	普通箍筋、复合箍筋	$0.6 \sim 0.8$	$0.8 \sim 1.2$	$1.2 \sim 1.6$
	螺旋箍筋	0.6	$0.8 \sim 1.0$	$1.0 \sim 1.2$
三 级	普通箍筋、复合箍筋	$0.4 \sim 0.6$	$0.6 \sim 0.8$	$0.8 \sim 1.2$
	螺旋箍筋	0.4	0.6	0.8

- 注: ① 普通箍筋系指单个矩形箍筋; 复合箍筋系指由矩形箍筋与菱形箍筋、或与多边形箍筋、或与拉筋组成的箍筋;
② 混凝土强度等级高于C40、或需要提高柱变形能力、或Ⅳ类场地上较高的高层建筑, 柱中箍筋的最小体积配筋百分率取表中相应项的较大值