

中华人民共和国建设部 公告

第 131 号

中华人民共和国行业标准

冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程

Technical specification for concrete structures with
cold-rolled ribbed steel wires

JGJ 95—2003

批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：2003 年 8 月 1 日

建设部关于发布行业标准 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》的公告

现批准《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 95—2003，自 2003 年 8 月 1 日起实施。其中，第 3.1.3、3.1.4、6.1.5 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95—95 同时废止。

本规程由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
2003 年 3 月 21 日

东路 30 号 邮编: 100013)

本规程参编单位: 江苏省建筑科学研究院

中国建筑东北设计研究院

钢铁研究总院

北京冶金设备研究设计总院

常州华力金属制品有限公司

本规程主要起草人: 顾万黎 卢锡鸿 宋进齐 纪德清

张战波 马国良

前 言

根据建设部建标 [1998] 59 号文的要求, 规程编制组经广泛调查研究, 认真总结实践经验, 参考有关国外先进标准, 并在广泛征求意见的基础上, 对《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95—95 进行了修订。

本规程的主要内容是: 1 总则; 2 术语、符号; 3 材料; 4 基本设计规定; 5 结构构件设计; 6 构造规定; 7 施工工艺; 附录 A ~ 附录 B。

修订的主要内容是: 1. 补充了 550 级钢板类受弯构件在疲劳荷载作用下的设计参数; 2. 增加了 970 级和 1170 级冷轧带肋钢筋的技术规定; 3. 增加了连续板内力计算可考虑塑性内力重分布的规定, 调整了构件受拉边缘混凝土允许产生拉应力的限值; 4. 结构构件的强度、刚度和裂缝宽度计算公式作了调整; 5. 对结构构件的钢筋保护层厚度和最小配筋率作了调整; 6. 补充了纵向受拉钢筋最小锚固长度值, 增加了有抗震设防要求的结构构件中钢筋的锚固长度和搭接长度; 7. 补充了 550 级钢筋作板的配筋和梁柱箍筋的构造规定; 8. 550 级钢筋作剪力墙分布筋时, 对边缘构件的构造、分布筋的配筋率以及房屋适用最大高度等作了补充规定; 9. 增大了成捆直条供应钢筋的现场检验批重量。

本规程由建设部负责管理和对强制性条文的解释, 由主编单位负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位: 中国建筑科学研究院 (北京市北三环

目 次

1 总则	7-4
2 术语、符号	7-4
2.1 术语	7-4
2.2 符号	7-4
3 材料	7-6
3.1 钢筋	7-6
3.2 混凝土	7-7
4 基本设计规定	7-8
4.1 一般规定	7-8
4.2 预应力混凝土结构构件	7-8
5 结构构件设计	7-9
5.1 正截面承载力计算	7-9
5.2 斜截面承载力计算	7-11
5.3 裂缝控制验算	7-11
5.4 受弯构件挠度验算	7-12
5.5 施工阶段验算	7-13
6 构造规定	7-14
6.1 一般规定	7-14
6.2 梁柱箍筋	7-15
6.3 板和墙	7-16
7 施工工艺	7-18
7.1 钢筋的检查验收	7-18

7.2 钢筋的加工	7-18
7.3 钢筋骨架的制作与安装	7-19
7.4 预应力钢筋的张拉工艺	7-19
7.5 结构构件检验	7-20
附录 A 预应力混凝土构件端部锚固区计算	7-21
附录 B 冷轧带肋钢筋的技术性能指标	7-22
本规程用词说明	7-23
条文说明	7-24

1 总 则

1.0.1 为了在冷扎带肋钢筋混凝土结构的设计与施工中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用房屋和一般构筑物采用冷扎带肋钢筋配筋的钢筋混凝土结构和先张法预应力混凝土中、小型结构构件的设计与施工。

1.0.3 对冷扎带肋钢筋配筋的钢筋混凝土结构和先张法预应力混凝土结构构件的设计与施工,除执行本规程的规定外,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 冷扎带肋钢筋 cold-rolled ribbed steel wires

热轧圆盘条经冷轧减径后,在其表面冷轧成带有沿长度方向均匀分布的三面或两面横肋的钢筋。

2.1.2 公称直径 nominal diameter

与钢筋的公称横截面积相等的圆的直径。

2.1.3 钢筋焊接网 welded steel fabric

具有相同或不同直径的纵向和横向钢筋分别以一定间距垂直排列,全部交叉点均用电阻点焊在一起的钢筋网片。

2.1.4 冷扎带肋钢筋混凝土结构 concrete structures with cold-rolled ribbed steel wires

由配置受力的冷扎带肋钢筋的混凝土制成的结构。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

M ——弯矩设计值;

M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩值;

M_q ——按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值;

σ_{pc} ——由预加力产生的混凝土法向应力;

σ_{con} ——预应力冷扎带肋钢筋张拉控制应力;

σ_{ek} ——荷载效应标准组合下抗裂验算边缘的混凝土法向

应力;

σ_{eq} ——荷载效应准永久组合下抗裂验算边缘的混凝土

法向应力;

σ_{po} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力冷拉带肋钢筋应力;

σ_{sk} ——按荷载效应的标准组合计算的纵向受拉钢筋应力;

w_{max} ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度。

2.2.2 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量;

E_s ——钢筋弹性模量;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值;

C20——表示立方体抗压强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土强度等级;

f_{ak} ——冷拉带肋钢筋抗拉强度标准值;

f_{pk} ——预应力冷拉带肋钢筋抗拉强度标准值;

f_y ——冷拉带肋钢筋抗拉强度设计值;

f'_y ——冷拉带肋钢筋抗压强度设计值;

f_{py} ——预应力冷拉带肋钢筋抗拉强度设计值;

f'_{py} ——预应力冷拉带肋钢筋抗压强度设计值;

δ_{10} ——表示测量标距为 10 倍直径时钢筋的伸长率;

δ_{100} ——表示测量标距为 100mm 时钢筋的伸长率。

2.2.3 几何参数

a ——纵向受拉钢筋合力点至截面近边的距离;

a' ——纵向受压钢筋合力点至截面近边的距离;

a_s ——纵向非预应力受拉钢筋合力点至截面近边的距离;

a'_s ——纵向非预应力受压钢筋合力点至截面近边的距离;

a_p ——受拉区纵向预应力冷拉带肋钢筋合力点至截面近边的距离;

a'_p ——受压区纵向预应力冷拉带肋钢筋合力点至截面近边的距离;

b ——矩形截面宽度, T 形或 I 形截面的腹板宽度;

b_f ——T 形或 I 形截面受拉区的翼缘宽度;

b'_f ——T 形或 I 形截面受压区的翼缘宽度;

h ——截面高度;

h_0 ——截面有效高度;

h_f ——T 形或 I 形截面受拉区的翼缘高度;

h'_f ——T 形或 I 形截面受压区的翼缘高度;

l_0 ——计算跨度;

l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度;

l_{tr} ——预应力冷拉带肋钢筋的预应力传递长度;

x ——混凝土受压区高度;

A ——构件截面面积;

A_0 ——构件换算截面面积;

A_s ——受拉区纵向非预应力钢筋的截面面积;

A'_s ——受压区纵向非预应力钢筋的截面面积;

A_p ——受拉区纵向预应力冷轧带肋钢筋的截面面积；
 A'_p ——受压区纵向预应力冷轧带肋钢筋的截面面积；
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

I_0 ——换算截面惯性矩；

B ——受弯构件的截面刚度。

2.2.4 计算系数及其他

γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数；
 ρ_p ——单筋受弯构件中预应力冷轧带肋钢筋的配筋率；
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；
 γ_{cr}^0 ——构件的抗裂检验系数实测值；
 $[\gamma_{cr}]$ ——构件的抗裂检验系数允许值。

3 材料

3.1 钢筋

3.1.1 冷轧带肋钢筋是采用普通低碳钢、优质碳素钢或低合金钢热轧圆盘条为母材，经冷轧减径后在其表面冷轧成具有三面或两面月牙形横肋的钢筋。

3.1.2 钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构中的冷轧带肋钢筋，可按下列规定选用：

- 1 CRB550 钢筋宜用作钢筋混凝土结构构件中的受力钢筋、钢筋焊接网、箍筋、构造钢筋以及预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。
- 2 CRB650、CRB800、CRB970 和 CRB1170 钢筋宜用作预应力混凝土结构构件中的预应力主筋。

注：(1) CRB550 级、CRB650 级、CRB800 级、CRB970 级和 CRB1170 级钢筋系分别指现行国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788 中的 CRB550 级、CRB650 级、CRB800 级、CRB970 级和 CRB1170 级钢筋；

(2) CRB550 级钢筋直径在 4 ~ 12mm 范围内可采用 0.5mm 进级；

(3) 直径 4mm 的钢筋不宜用作受力钢筋。

3.1.3 冷轧带肋钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

冷轧带肋钢筋的强度标准值系根据极限抗拉强度确定，用 f_{stk} 或 f_{ptk} 表示。

冷扎带肋钢筋的强度标准值 f_{stk} 或 f_{ptk} 应按表 3.1.3 采用。

表 3.1.3 冷扎带肋钢筋强度标准值 (N/mm²)

钢筋级别	符号	钢筋直径 (mm)	f_{sk} 或 f_{ptk}
CRB550	ϕ^R	5、6、7、8、9、10、11、12	550
CRB650		5、6	650
CRB800		5	800
CRB970		5	970
CRB1170		5	1170

3.1.4 冷扎带肋钢筋的抗拉强度设计值 f_y 或 f_{py} 及抗压强度设计值 f'_y 或 f'_{py} 应按表 3.1.4 采用。

表 3.1.4 冷扎带肋钢筋强度设计值 (N/mm²)

钢筋级别	符号	f_y 或 f_{py}	f'_y 或 f'_{py}
CRB550	ϕ^R	360	360
CRB650		430	380
CRB800		530	380
CRB970		650	380
CRB1170		780	380

注：在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的冷扎带肋钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm² 时，应按 300N/mm² 取用。

3.1.5 冷扎带肋钢筋弹性模量 E_s 应取 1.9×10^5 N/mm²。

3.1.6 550 级冷扎带肋钢筋的疲劳应力比值 ρ_s^f 应按下式计算：

$$\rho_s^f = \frac{\sigma_{s, \min}^f}{\sigma_{s, \max}^f} \quad (3.1.6)$$

式中 $\sigma_{s, \min}^f$ ——构件疲劳验算时，同一层钢筋的最小应力；

$\sigma_{s, \max}^f$ ——构件疲劳验算时，同一层钢筋的最大应力。

3.1.7 550 级冷扎带肋钢筋用于疲劳荷载作用下的板类构件，当进行疲劳验算钢筋的最大应力不超过 300N/mm²、疲劳应力比值 ρ_s^f 不小于 0.3 时，钢筋的疲劳应力幅值应不大于 120N/mm²。

3.2 混 凝 土

3.2.1 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20；预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C30。

注：处于二、三类环境的结构构件，其混凝土强度等级不得低于 C30。

3.2.2 混凝土的强度标准值、强度设计值及弹性模量等应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用。

级、混凝土拉应力限值及最大裂缝宽度限值 w_{lim} ，应根据结构类别和所处的环境类别按表 4.1.4 采用。

表 4.1.4 裂缝控制等级、混凝土拉应力限值及最大裂缝宽度限值

环境类别	预应力度混凝土结构	
	钢筋混凝土结构	CRB650 钢筋、CRB800 钢筋、CRB970 钢筋、CRB1170 钢筋
一	三级 0.3mm	f_u (按荷载效应标准组合) 二级 $0.4f_u$ (按荷载效应永久组合)
二	三级 0.2mm	一级
三	三级 0.2mm	—

注：1 表中对环境类别的划分以及在一、二、三类环境中对结构混凝土耐久性的基本要求可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；
2 表中规定的预应力度混凝土结构构件的裂缝控制等级和混凝土拉应力限值仅适用于正截面的验算；
3 本条所述的结构构件的裂缝宽度系指受力引起的裂缝，不包括混凝土干缩和温度变化引起的裂缝。

4.2 预应力度混凝土结构构件

- 4.2.1 预应力度冷扎带肋钢筋的张拉控制应力不宜超过 $0.7f_{pk}$ ，且不宜低于 $0.4f_{pk}$ 。
- 4.2.2 放松预应力度冷扎带肋钢筋时，混凝土的立方体抗压强度不宜低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。
- 4.2.3 预应力度冷扎带肋钢筋中的预应力度损失值可按表 4.2.3 的规定计算，当计算求得的预应力度总损失值小于 $100N/mm^2$ 时，应取 $100N/mm^2$ 。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 冷扎带肋钢筋配筋的混凝土结构设计时，其基本设计规定、承载力极限状态计算、正常使用极限状态验算和构件抗震设计等，除应符合本规程的要求外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.1.2 冷扎带肋钢筋配筋的混凝土连续板的内力计算可考虑塑性内力重分布，其支座弯矩调幅值不应大于按弹性体系计算值的 15%。

4.1.3 结构构件设计时，应根据使用要求选用不同的裂缝控制等级。构件的正截面裂缝控制等级的划分应符合下列规定：

一级：严格要求不出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力。

二级：一般要求不出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土允许产生拉应力，但拉应力不应超过 f_u ；而按荷载效应永久组合计算时，构件受拉边缘允许产生的拉应力不应超过 $0.4f_u$ ，此处， f_u 为混凝土轴心抗拉强度标准值。

三级：允许出现裂缝的构件，按荷载效应标准组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过本规程表 4.1.4 规定的最大裂缝宽度限值。

4.1.4 钢筋混凝土和预应力度混凝土结构构件的裂缝控制等

表 4.2.3 预应力损失值 (N/mm²)

引起损失的因素	符号	预应力损失值
张拉端锚具变形和钢筋内缩	σ_{11}	按本规程第 4.2.4 条规定计算
混凝土加热养护时,受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差	σ_{13}	$2\Delta t$
冷拉带肋钢筋的应力松弛	σ_{14}	$0.08\sigma_{con}$
混凝土的收缩和徐变	σ_{15}	按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算

注:表中 $2\Delta t$ 为混凝土加热养护时,受张拉的冷拉带肋钢筋与承受拉力的设备之间的温差 (°C)。

4.2.4 预应力直线冷拉带肋钢筋由于锚具变形和预应力钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{11} 可按下列公式计算:

$$\sigma_{11} = \frac{a}{l} E_s \quad (4.2.4)$$

式中 l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm);

a ——张拉端锚具变形和钢筋内缩值 (mm),当张拉端用锥塞式锚具时,钢筋在锚具中的滑移取 5mm 或经试验确定;当钢模外张拉带螺帽的锚具时,螺帽缝隙取 0.5mm。

4.2.5 先张法预应力混凝土构件端部锚固区的正截面和斜截面受弯承载力可不作计算。需计算时,可按本规程附录 A 的规定执行。

5 结构构件设计

5.1 正截面承载力计算

5.1.1 结构构件的正截面承载力计算的基本假定应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

注:本节有关正截面承载力计算均按混凝土强度等级不超过 C50 考虑,当混凝土强度等级超过 C50 时,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.1.2 受拉冷拉带肋钢筋和受压区混凝土同时达到其强度设计值时的相对界限受压区高度 ξ_b 应符合下列规定:

- 1 对钢筋混凝土构件,可取 $\xi_b = 0.37$ 。
- 2 对预应力混凝土构件,应按下列公式计算:

$$\xi_b = \frac{502}{1003 + f_{py} - \sigma_{p0}} \quad (5.1.2)$$

式中 ξ_b ——相对界限受压区高度, $\xi_b = x_b/h_0$;

x_b ——界限受压区高度;

h_0 ——截面的有效高度;

f_{py} ——纵向预应力钢筋的抗拉强度设计值,应按本规程表 3.1.4 取用;

σ_{p0} ——受拉区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋中的应力。

注:在截面受拉区内配置有不同强度级别或不同预应力的冷拉带肋钢筋的受弯构件,其相对受压区高度应分别计算,并取其较小值。

5.1.3 矩形截面或翼缘位于受拉区的倒 T 形截面受弯构件，其正截面受弯承载力应符合下列规定（图 5.1.3）：

$$M \leq f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f_{py}) A'_p \quad (5.1.3-1)$$

$$A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.3-2)$$

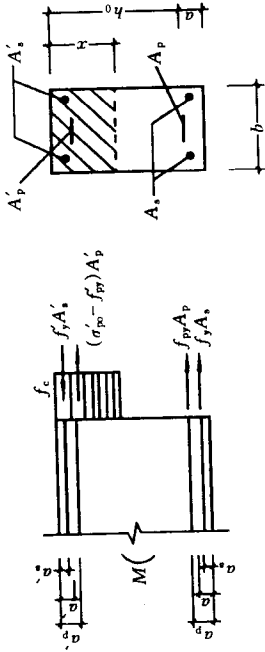


图 5.1.3 矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算

混凝土受压区高度应按下列公式确定：

$$f_c b x = f_y A_s - f_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f_{py}) A'_p \quad (5.1.3-2)$$

混凝土受压区高度尚应符合下列要求：

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (5.1.3-3)$$

$$x \geq 2a' \quad (5.1.3-4)$$

式中

- M ——弯矩设计值；
- f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；
- A_s ——受拉区纵向普通钢筋的截面面积；
- A'_s ——受压区纵向普通钢筋的截面面积；
- A_p ——受拉区纵向预应力钢筋的截面面积；
- A'_p ——受压区纵向预应力钢筋的截面面积；
- b ——矩形截面的宽度或倒 T 形截面的腹板宽度；

- h_0 ——截面有效高度；
- a'_s ——受压区纵向普通钢筋合力点至截面受压边缘的距离；
- a'_p ——受压区纵向预应力钢筋合力点至截面受压边缘的距离；
- a' ——受压区全部纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离，当受压区未配置纵向预应力钢筋或受压区纵向预应力钢筋应力 $(\sigma'_{p0} - f_{py})$ 为拉应力时，公式 (5.1.3-4) 中的 a' 用 a'_s 代替。

5.1.4 翼缘位于受压区的 T 形、I 形截面受弯构件（图 5.1.4），其正截面受弯承载力应分别按下列情况计算：

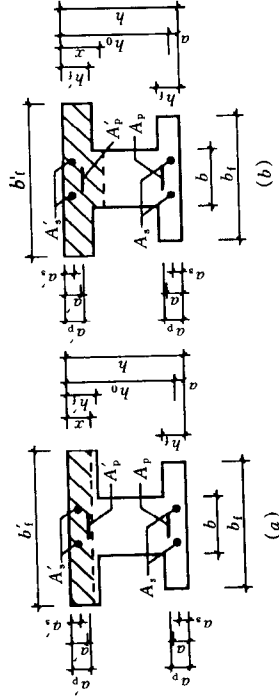


图 5.1.4 I 形截面受弯构件受压区高度位置

1 当符合下列条件时：

(a) $x \leq h_f$ ；(b) $x > h_f$ ；

$$f_y A_s + f_{py} A_p \leq f_c b_f' h_f + f_y A'_s - (\sigma'_{p0} - f_{py}) A'_p \quad (5.1.4-1)$$

应按宽度为 b_f' 的矩形截面计算；

2 当不符合公式 (5.1.4-1) 的条件时，应按下列公式计算：

1 一级——严格要求不出现裂缝的构件
在荷载效应的标准组合下应符合下列规定:

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (5.3.1-1)$$

2 二级——一般要求不出现裂缝的构件
在荷载效应的标准组合下应符合下列规定:

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq f_{tk} \quad (5.3.1-2)$$

在荷载效应的准永久组合下应符合下列规定:

$$\sigma_{eq} - \sigma_{pc} \leq 0.4f_{tk} \quad (5.3.1-3)$$

3 三级——允许出现裂缝的构件

按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度,应符合下列规定:

$$w_{max} \leq w_{lim} \quad (5.3.1-4)$$

对在一类环境(室内正常环境)条件下的冷轧带肋钢筋混凝土板类受弯构件,当混凝土强度等级不低于C20、纵向受力钢筋直径不大于10mm且混凝土保护层厚度不大于20mm时,可不作最大裂缝宽度验算。

式中 σ_{ck} ——荷载效应的标准组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力;

σ_{eq} ——荷载效应的准永久组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力;

σ_{pc} ——扣除全部预压应力损失后在抗裂验算边缘混凝土的预压应力;

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值;

w_{max} ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度,按本规程第5.3.2条计算;

$$M \leq f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_c (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) + f_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f_{py}) A'_p \quad (5.1.4-2)$$

混凝土受压区高度应按下列公式确定:

$$f_y [bx + (b'_f - b)h'_f] = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.1.4-3)$$

式中 b'_f ——T形、I形截面受压区的翼缘计算宽度;

h'_f ——T形、I形截面受压区的翼缘高度。

按上述公式计算T形、I形截面受弯构件时,混凝土受压区的高度仍应符合公式(5.1.3-3)、(5.1.3-4)的要求。

5.1.5 钢筋混凝土板类构件正截面疲劳验算的基本假定以及混凝土压应力、钢筋应力、应力幅的验算等可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定执行。

5.2 斜截面承载力计算

5.2.1 冷轧带肋钢筋配筋的混凝土结构构件,其斜截面受弯承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

5.2.2 斜截面受剪承载力计算时,冷轧带肋钢筋的抗拉强度设计值应按本规程表3.1.4采用,且不应大于 360N/mm^2 。

5.3 裂缝控制验算

5.3.1 钢筋混凝土和预应力混凝土构件,应根据本规程第4.1.4条的规定,按所处环境类别和结构类别确定相应的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值,并按下列规定进行受拉边缘应力或正截面裂缝宽度验算:

w_{lim} ——最大裂缝宽度限值,按本规程第 4.1.4 条采用。

注:对受弯的预应力混凝土构件,其预拉区在施工阶段出现裂缝的区段,公式 (5.3.1-1) 至公式 (5.3.1-3) 中的 σ_{pe} 应乘以系数 0.9。

5.3.2 在矩形、T 形、倒 T 形和 I 形截面的钢筋混凝土受弯构件中,按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 w_{max} (mm),可按下列公式计算:

$$w_{\text{max}} = \alpha_{\text{cr}} \psi \frac{\sigma_{\text{sk}}}{E_s} \left(1.9c + 0.08 \frac{d_{\text{eq}}}{\rho_{\text{te}}} \right) \quad (5.3.2-1)$$

$$\psi = \alpha - \frac{0.65f_{\text{tk}}}{\rho_{\text{te}} \sigma_{\text{sk}}} \quad (5.3.2-2)$$

$$\sigma_{\text{sk}} = \frac{M_k}{0.87h_0A_s} \quad (5.3.2-3)$$

$$d_{\text{eq}} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i \nu_i d_i} \quad (5.3.2-4)$$

式中 α_{cr} ——构件受力特征系数,取 1.9;

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数;当 $\psi < 0.1$ 时,取 $\psi = 0.1$;当 $\psi > 1$ 时,取 $\psi = 1$;对直接承受重复荷载的构件,取 $\psi = 1$;

α ——系数,对一般钢筋混凝土梁取 $\alpha = 1.1$,对板类构件取 $\alpha = 1.05$;

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率, $\rho_{\text{te}} = A_s/A_{\text{te}}$,其中 $A_{\text{te}} = 0.5bh + (b_f - b_f)$

b) h_f , 当 $\rho_{\text{te}} < 0.01$ 时,取 $\rho_{\text{te}} = 0.01$;

σ_{sk} ——按荷载效应标准组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋的应力;

c ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离 (mm);

M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩值;

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径 (mm);

d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径 (mm);

n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数;

ν_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数,对冷轧带肋钢筋取 $\nu_i = 1$ 。

5.3.3 在荷载效应的标准组合和准永久组合下,受弯构件抗裂验算边缘的混凝土法向应力应按下列公式计算:

$$\sigma_{\text{sk}} = \frac{M_k}{W_0} \quad (5.3.3-1)$$

$$\sigma_{\text{eq}} = \frac{M_q}{W_0} \quad (5.3.3-2)$$

式中 M_q ——按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值;

W_0 ——构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。

5.3.4 预应力混凝土受弯构件的斜截面抗裂验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.3.5 当需对先张法预应力混凝土构件端部区段进行正截面和斜截面抗裂验算时,应考虑预应力钢筋在其预应力传递长度 l_{tr} 范围内实际应力值的变化,可按本规程附录 A 的规定采用。

5.4 受弯构件挠度验算

5.4.1 钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载效应的标准组合并考虑荷载长期作用影响进行计算,

其计算值不应超过表 5.4.1 规定的挠度限值。

表 5.4.1 受弯构件的挠度限值

屋盖、楼盖及楼梯构件	挠 度 限 值
当 $l_0 < 7m$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$)
当 $7m \leq l_0 \leq 9m$ 时	$l_0/250$ ($l_0/300$)
当 $l_0 > 9m$ 时	$l_0/300$ ($l_0/400$)

注：1 表中 l_0 为构件的计算跨度；
 2 表中括号内的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件；
 3 如果构件制作时预先起拱，且使用上也允许，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值；对预应力混凝土构件尚可减去预应力所产生的反拱值，但对恒载较小的预应力构件尚应考虑反拱过大对使用的不利影响；
 4 计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

5.4.2 矩形、T形、倒 T形和 I 形截面受弯构件的刚度 B ，可按下列公式计算：

$$B = \frac{M_k}{M_q(\theta - 1) + M_k} B_s \quad (5.4.2)$$

式中 M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩，取计算区段内的最大弯矩值；

M_q ——按荷载效应的准永久组合计算的弯矩，取计算区段内的最大弯矩值；

B_s ——荷载效应的标准组合作用下受弯构件的短期刚度，按本规程第 5.4.3 条的公式计算；

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数，按混凝土结构设计规范的规定采用。

5.4.3 在荷载效应的标准组合作用下，受弯构件的短期刚

度 B_s 可按下列公式计算：

1 预应力混凝土受弯构件

$$B_s = 0.85 E_c I_0 \quad (5.4.3-1)$$

2 钢筋混凝土受弯构件

$$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E \rho}{1 + 3.5\gamma'_f}} \quad (5.4.3-2)$$

$$\gamma'_f = \frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_0} \quad (5.4.3-3)$$

式中 I_0 ——换算截面惯性矩；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，按本规程第 5.3.2 条确定；

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率， $\rho = A_s / (bh_0)$ ；

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

E_s ——冷轧带肋钢筋的弹性模量；

γ'_f ——受压翼缘截面面积与腹板有效截面面积的比值；

b'_f ——受压区翼缘的宽度；

h'_f ——受压区翼缘的高度；在公式 (5.4.3-3) 中，当 $h'_f > 0.2h_0$ 时，取 $h'_f = 0.2h_0$ 。

5.5 施工阶段验算

5.5.1 预应力混凝土结构构件的施工阶段，除应进行承载力极限状态验算外，对预拉区不允许出现裂缝的构件，在预加力、自重及施工荷载（必要时应考虑动力系数）作用下，其截面边缘的混凝土法向应力尚应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行验算。

6.1.2 在钢筋混凝土结构构件中，当计算中充分利用纵向受拉钢筋强度时，其最小锚固长度 l_a 不应小于表 6.1.2 规定的数值。

预应力冷扎带肋钢筋的锚固长度应符合本规程附录 A 的规定。

表 6.1.2 纵向受拉冷扎带肋钢筋最小锚固长度 l_a (mm)

钢筋级别	混凝土强度等级				
	C20	C25	C30	C35	≥ C40
CRB550	40d	35d	30d	28d	25d

注：1 d 为锚固钢筋的直径 (mm)；
2 两根并筋的锚固长度应按表中数值乘以系数 1.4 后取用；
3 在任何情况下，纵向受拉钢筋的锚固长度不应小于 200mm。

6.1.3 有抗震设防要求的钢筋混凝土结构构件，其纵向受力钢筋的锚固长度和搭接长度除应符合本规程第 6.1.2 条和第 7.3.3 条的有关规定外，尚应满足下列规定：

1 纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算：

一、二级抗震等级

$$l_{aE} = 1.15l_a \quad (6.1.3-1)$$

三级抗震等级

$$l_{aE} = 1.05l_a \quad (6.1.3-2)$$

四级抗震等级

$$l_{aE} = l_a \quad (6.1.3-3)$$

式中 l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度，按本规程第 6.1.2 条确定。

2 对于同一搭接连接区段的 CRB550 级钢筋，当搭接接

6 构造规定

6.1 一般规定

6.1.1 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (从钢筋的外边缘算起) 不应小于钢筋的公称直径，且应符合表 6.1.1 的规定。

板、墙、壳中分布钢筋的保护层厚度不应小于表 6.1.1 中相应数值减 10mm，且不应小于 10mm；梁、柱中箍筋和构造钢筋的保护层厚度不应小于 15mm。

表 6.1.1 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)

环境类别	构件类别	混凝土强度等级			
		C20	C25 ~ C45	≥ C50	
一	板、墙、壳	20	15	15	
	梁	30	25	25	
	板、墙、壳	—	20	20	
	梁	—	30	30	
二	板、墙、壳	—	25	20	
	梁	—	35	30	
三	板、墙、壳	—	30	25	
	梁	—	40	35	

注：1 基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40mm；当无垫层时不应小于 70mm；
2 处于一类环境且由工厂生产的预制构件，当混凝土强度等级不低于 C20 时，其保护层厚度可按表中规定减少 5mm，但预制构件中预应力钢筋的保护层厚度不应小于 15mm (对 CRB650 级钢筋) 或 20mm (对 CRB800 及以上级别钢筋)；处于二类环境且由工厂生产的预制构件，当表面采取有效保护措施时，保护层厚度可按表中一类环境数值取用；
3 有防火要求的建筑物，其保护层厚度尚应符合国家现行有关防火规范的规定。

头面积百分率不超过 25% 时, 纵向受拉钢筋绑扎接头的抗震搭接长度 l_{lE} 应按下式计算:

$$l_{lE} = 1.25 l_{aE} \quad (6.1.3-4)$$

6.1.4 在构件中配置的冷轧带肋钢筋, 宜采用单根分散配筋方式; 当配筋数量较多且直径不大于 8mm 时, 亦可采用两根并筋配筋。

6.1.5 钢筋混凝土结构受弯构件中纵向受拉钢筋的最小配筋率, 不应小于 0.2% 和 $45f_t/f_y\%$ 两者中的较大值。

注: 受弯构件受拉钢筋的配筋率应按全截面面积扣除受压翼缘面积 $(b'f - b)h'$ 后的截面面积计算。

6.1.6 预应力混凝土单筋受弯构件中纵向受拉钢筋的配筋率应符合下式要求:

$$\rho_p \geq \frac{\alpha_0 f_{tk}}{1.05 f_{py} - \beta_0 \sigma_{p0}} \quad (6.1.6-1)$$

换算截面的几何特征系数 α_0 、 β_0 , 分别按下式计算:

$$\alpha_0 = \frac{\gamma W_0}{bh_0^2} \quad (6.1.6-2)$$

$$\beta_0 = \frac{W_0/A_0 + e_{p0}}{h_0} \quad (6.1.6-3)$$

式中 ρ_p ——预应力混凝土单筋受弯构件的纵向受拉预应力钢筋配筋率, 取 $\rho_p = A_p / (bh_0)$;

b ——矩形截面宽度; T 形、I 形截面的受压翼缘宽度;

h_0 ——截面有效高度;

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

A_0 ——换算截面面积;

γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数, γ 取

1.4;

e_{p0} ——预应力钢筋合力点至换算截面重心的偏心距;

f_{py} ——预应力冷轧带肋钢筋抗拉强度设计值;

σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力冷轧带肋钢筋应力。

注: 对于受拉区同时配有纵向预应力和非预应力钢筋的构件, 当验算最小配筋率时, 可将纵向非预应力钢筋截面面积折算为预应力钢筋截面面积, 此时, 应将公式 (6.1.6-1) 中的 ρ_p

和 $\beta_0 \sigma_{p0}$ 项分别改用 ρ_{pe} 和 $\beta_0 \chi \sigma_{p0}$ 代入, 此处, $\rho_{pe} = \frac{A_{pe}}{bh_0}$, $\chi =$

$$\frac{\sigma_{p0} A_p - \sigma_{l5} A_s}{\sigma_{p0} A_{pe}}, \text{ 其中 } A_{pe} = A_p + \frac{f_y}{f_{py}} A_s。$$

6.1.7 当预应力混凝土受弯构件正截面承载力符合下列条件时:

$$1.4M \leq M_u \quad (6.1.7)$$

则可不遵守本规程公式 (6.1.6-1) 的规定。

式中 M ——弯矩设计值;

M_u ——构件的实际正截面受弯承载力设计值。

6.1.8 任意截面预应力轴心受拉构件的预应力钢筋配筋率应符合下式要求:

$$\rho_p \geq \frac{f_{tk}}{1.05 f_{py} - \sigma_{p0}} \quad (6.1.8)$$

式中 ρ_p ——轴心受拉构件的预应力钢筋配筋率, $\rho_p = A_p / A$;

A_p ——构件截面中全部预应力钢筋截面面积;

A ——构件截面面积。

6.2 梁 柱 箍 筋

6.2.1 CRB550 级钢筋可用作梁的箍筋, 按计算不需要配置

6.3 板和墙

箍筋的梁,当梁截面高度大于300mm时,应沿梁全长设置箍筋;当梁截面高度为150~300mm时,可仅在构件端部各1/4跨度范围内设置箍筋,但当在构件中部1/2跨度范围内有集中荷载作用时,则应沿梁全长设置箍筋;当梁截面高度为150mm以下时,可不设置箍筋。

CRB550级钢筋作梁的箍筋可采用并筋或螺旋箍筋的形式。

6.2.2 对截面高度大于800mm的梁,其箍筋直径不宜小于8mm;对截面高度为800mm及以下的梁,其箍筋直径不宜小于6mm。梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时,箍筋直径尚不应小于 $d/4$ (d 为纵向受压钢筋的最大直径)。

6.2.3 CRB550级钢筋作梁的箍筋,其间距、构造规定及有抗震设防要求的框架梁中箍筋的构造要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

6.2.4 钢筋混凝土柱中,当采用CRB550级钢筋作箍筋时,箍筋应为封闭式,其直径不应小于 $d/4$,且不应小于6mm, d 为纵向钢筋的最大直径。箍筋的间距、构造规定及考虑地震作用组合的框架柱箍筋的构造要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

6.2.5 多层普通砖、多孔砖房屋的构造柱,当采用CRB550级钢筋作箍筋时,箍筋直径不应小于5mm,间距不宜大于250mm,且在柱上、下端宜适当加密。当设防烈度7度时超过六层、8度时超过五层及9度时,箍筋间距不应大于200mm。

6.2.6 多层砌体房屋的圈梁,当采用CRB550级钢筋作箍筋时,箍筋的直径和间距应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

6.3.1 钢筋混凝土板中受力钢筋的直径不应小于6mm。板中受力钢筋的间距:当板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时,不宜大于200mm;当板厚 $h > 150\text{mm}$ 时,不宜大于 $1.5h$,且不宜大于250mm。

6.3.2 多跨单向板或多跨双向板采用分离式配筋时,跨中正弯矩钢筋宜全部伸入支座,支座负弯矩钢筋向跨内的延伸长度应满足覆盖负弯矩图和钢筋锚固的要求。

6.3.3 在简支板或连续板支座处,下部纵向钢筋伸入支座的锚固长度不宜小于 $10d$ (d 为下部纵向受力钢筋直径),且不宜小于100mm。

6.3.4 现浇楼盖周边与钢筋混凝土梁或钢筋混凝土墙整体连接的单向板或双向板,应沿周边在板上部布置负弯矩钢筋,其直径不宜小于8mm,间距不宜大于200mm,且截面面积不宜小于跨中相应方向纵向钢筋截面面积的1/3。该钢筋自梁边或墙边伸入板内的长度,在单向板中不宜小于受力方向板计算跨度 l_0 的1/4;在双向板中,不宜小于板短方向计算跨度 l_0 的1/4。在板角处该钢筋应沿两个垂直方向布置或按放射状布置。

6.3.5 嵌固在砌体墙内的现浇混凝土板沿嵌固边在板上部配置构造钢筋,应符合下列规定:

1 构造钢筋间距不宜大于200mm,直径不宜小于8mm,该钢筋伸入板内的长度从墙边算起不宜小于 $l_0/7$ (l_0 为板的短边跨度)。

2 对两边嵌固于墙内的板角部分,应双向配置上部构造钢筋,该钢筋伸入板内的长度从墙边算起不宜小于 $l_0/4$

(l_0 为板短边跨度)。

3 沿板的受力方向配置的板边上部构造钢筋,其截面面积不宜小于该方向跨中受力钢筋截面面积的 $1/3$ 。

6.3.6 当按单向板设计时,除沿受力方向布置受力钢筋外,尚应在垂直受力方向布置分布钢筋,单位长度上分布钢筋的截面面积不宜小于单位宽度上受力钢筋截面面积的 15% ,且不宜小于该方向板截面面积的 0.15% ;分布钢筋的间距不宜大于 250mm ,直径不宜小于 6mm 。对于集中荷载较大的情况,分布钢筋的截面面积应适当增加,其间距不宜大于 200mm 。

6.3.7 冷轧带肋钢筋配筋的空心板,每个肋中的纵向受力钢筋不宜少于一根。

6.3.8 对预应力混凝土简支板,当板厚大于 120mm 时,宜在构件端部 100mm 范围内设置附加的上部横向钢筋。

6.3.9 预应力混凝土简支板的搁置长度 l_a 应符合下列要求:

当板厚 $h \leq 80\text{mm}$ 时, $l_a \geq 40\text{mm}$;

当 $80\text{mm} < h \leq 160\text{mm}$ 时, $l_a \geq 60\text{mm}$;

当 $160\text{mm} < h \leq 240\text{mm}$ 时, $l_a \geq 80\text{mm}$ 。

6.3.10 CRB550 级钢筋用于钢筋混凝土房屋结构的剪力墙时,其适用范围应符合下列规定:

1 可用作无抗震设防的钢筋混凝土房屋剪力墙分布钢筋,以及抗震设防烈度为 6 度、7 度和 8 度的丙类钢筋混凝土房屋的框架-剪力墙结构、剪力墙结构和部分框支剪力墙结构中的剪力墙的分布钢筋。一级抗震等级剪力墙底部加强部位的分布钢筋宜采用热轧带肋钢筋。

2 抗震房屋的最大高度应比现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的适用最大高度低 20m 。

6.3.11 抗震等级一、二级,分布筋为 CRB550 级配筋的剪力墙,底部加强部位墙肢底截面在重力荷载代表值作用下的轴压比分别小于 0.2 、 0.3 时,底部加强部位及相邻上一层的墙两端和洞口两侧边缘构件沿墙肢的长度不应小于 $0.1h_w$ (h_w 为墙肢长度),其配箍特征值不应小于 0.1 ,且应符合构造边缘构件底部加强部位的要求。

6.3.12 冷轧带肋钢筋配筋的剪力墙,其分布筋的最小配筋率、轴压比限值、约束边缘构件及构造边缘构件的设置等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.3.13 CRB550 级钢筋宜优先以焊接网型式用作剪力墙墙面的分布钢筋,其配筋构造应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。