

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土结构设计规程

Specification for Design of Lightweight
Aggregate Concrete Structures

JGJ 12—99



1999 北 京

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土结构设计规程

Specification for Design of Lightweight
Aggregate Concrete Structures

JGJ 12—99

主编单位：中国建筑科学研究院
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1999年10月1日

1999 北 京

关于发布行业标准《轻骨料混凝土 结构设计规程》的通知

建标 [1999] 63 号

根据原城乡建设环境保护部《关于 1986 年制订、修订标准规范、规程项目计划的通知》（[86] 城科学第 263 号）要求，由中国建筑科学研究院主编的《轻骨料混凝土结构设计规程》，经审查，批准为强制性行业标准，编号 JGJ12—99，自 1999 年 10 月 1 日起施行。原部标准《钢筋轻骨料混凝土结构设计规程》JGJ12—82 同时废止。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院负责管理，由中国建筑科学研究院负责具体解释，由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国建设部

1999 年 3 月 17 日

目 次

1	总则	1
2	符号	2
2.1	作用和作用效应	2
2.2	材料性能	3
2.3	几何参数	4
2.4	计算系数	6
3	材料	7
3.1	轻骨料混凝土	7
3.2	钢筋	9
4	基本设计规定	14
4.1	一般规定	14
4.2	预应力轻骨料混凝土结构构件计算规定	17
5	承载能力极限状态计算	27
5.1	正截面承载力计算	27
5.2	斜截面承载力计算	39
5.3	扭曲截面承载力计算	46
5.4	受冲切承载力计算	52
5.5	局部受压承载力计算	55
6	正常使用极限状态验算	56
6.1	抗裂验算	56
6.2	裂缝宽度验算	60
6.3	受弯构件挠度验算	62
7	构造规定	65
7.1	一般规定	65
7.2	预应力轻骨料混凝土结构构件的构造规定	69
8	结构构件的规定	71

8.1	板	71
8.2	梁	73
8.3	柱	81
8.4	剪力墙	82
8.5	牛腿	85
8.6	预制构件的接头及吊环	87
9	钢筋轻骨料混凝土结构构件抗震设计	89
9.1	一般规定	89
9.2	材料	91
9.3	框架梁	92
9.4	框架柱	94
9.5	框架节点	97
9.6	剪力墙	99
附录 A	轻骨料素混凝土结构构件计算	105
A.1	一般规定	105
A.2	受压构件	105
A.3	受弯构件	108
A.4	局部构造钢筋	108
A.5	局部受压	108
附录 B	钢筋轻骨料混凝土矩形截面受弯构件纵向受拉钢筋截面面积计算方法	110
附录 C	钢筋轻骨料混凝土双向受弯构件正截面受弯承载力近似计算方法	112
附录 D	截面抵抗矩塑性系数	114
附录 E	钢筋的计算截面面积及公称质量	116
附录 F	本规程用词说明	118
	附加说明	119

1 总 则

1.0.1 为了在轻骨料混凝土结构设计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的钢筋轻骨料混凝土、预应力轻骨料混凝土以及轻骨料素混凝土承重结构的设计。

1.0.3 对于轻骨料混凝土结构的设计，除应执行本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 符 号

2.1 作用和作用效应

2.1.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表作用和作用效应的符号，应按下列规定采用：

- N ——轴向力设计值；
- N_s ——按荷载短期效应组合计算的轴向力值；
- N_l ——按荷载长期效应组合计算的轴向力值；
- N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
- N_{p0} ——轻骨料混凝土法向预应力为零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
- M ——弯矩设计值；
- M_s ——按荷载短期效应组合计算的弯矩值；
- M_l ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值；
- M_{cr} ——受弯构件正截面开裂弯矩值；
- M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值；
- T ——扭矩设计值；
- V ——剪力设计值；
- V_{cs} ——构件斜截面上轻骨料混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；
- σ_{sc} ——荷载短期效应组合下抗裂验算边缘的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{lc} ——荷载长期效应组合下抗裂验算边缘的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{pc} ——由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{tp} ——轻骨料混凝土中的主拉应力；

- σ_{cp} ——轻骨料混凝土中的主压应力；
- σ_s ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋的应力；
- σ_p ——正截面承载力计算中纵向预应力钢筋的应力；
- σ_{con} ——预应力钢筋的张拉控制应力；
- σ_{ss} ——按荷载的短期效应组合计算的纵向受拉钢筋应力或等效应力；
- σ_l ——受拉区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
- σ'_l ——受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
- σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力；
- σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力；
- τ ——轻骨料混凝土的剪应力；
- w_{max} ——考虑裂缝宽度分布不均匀性和荷载长期效应组合影响的最大裂缝宽度；
- B ——受弯构件的截面刚度。

2.2 材料性能

2.2.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表材料性能的符号，应按下列规定采用：

- E_c ——轻骨料混凝土弹性模量；
- G_c ——轻骨料混凝土剪变模量；
- ν_c ——轻骨料混凝土泊松比；
- E_s ——钢筋弹性模量；
- f_{ck} ——轻骨料混凝土轴心抗压强度标准值；
- f_c ——轻骨料混凝土轴心抗压强度设计值；
- f_{crk} ——轻骨料混凝土弯曲抗压强度标准值；
- f_{cm} ——轻骨料混凝土弯曲抗压强度设计值；
- f_{tk} ——轻骨料混凝土轴心抗拉强度标准值；

- f_t ——轻骨料混凝土轴心抗拉强度设计值；
- CL25——表示立方体强度标准值为 25N/mm^2 的轻骨料混凝土强度等级；
- f_{cu} ——边长为 150mm 的轻骨料混凝土立方体抗压强度；
- $f_{cu,k}$ ——边长为 150mm 的轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值；
- f_{yk} ——普通钢筋强度标准值；
- f_{pyk} ——预应力钢筋强度标准值；
- f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值；
- f'_y ——普通钢筋抗压强度设计值；
- f_{py} ——预应力钢筋抗拉强度设计值；
- f'_{py} ——预应力钢筋抗压强度设计值。

2.3 几何参数

2.3.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表几何参数的符号，应按下列规定采用：

- 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 ——受拉区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
- a'_p ——受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
- b ——矩形截面宽度，T形、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；
- d ——圆形截面的直径或钢筋直径；
- c ——轻骨料混凝土保护层厚度；
- e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点的距离；
- e' ——轴向力作用点至纵向受压钢筋合力点的距离；

- e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距；
- e_a ——附加偏心距；
- e_i ——初始偏心距；
- 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；
- i ——回转半径；
- r_c ——曲率半径；
- l_a ——纵向受拉钢筋的最小锚固长度；
- l_0 ——计算跨度或计算长度；
- s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距或箍筋的间距；
- x ——轻骨料混凝土受压区高度；
- y_0 ——换算截面重心至所计算纤维的距离；
- y_n ——净截面重心至所计算纤维的距离；
- z ——纵向受拉钢筋合力点至轻骨料混凝土受压区合力点之间的距离；
- A ——构件截面面积；
- A_0 ——构件换算截面面积；
- A_n ——构件净截面面积；
- 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 ——受拉区纵向预应力钢筋的截面面积；
- A'_p ——受压区纵向预应力钢筋的截面面积；
- A_{sv1} ——在受剪计算中单肢箍筋的截面面积；
- A_{st1} ——在受扭计算中单肢箍筋的截面面积；
- A_{sv} ——同一截面内各肢竖向箍筋的全部截面面积；
- A_{sh} ——同一截面内各肢水平箍筋的全部截面面积；

- A_{nb} ——同一弯起平面内非预应力弯起钢筋的截面面积；
- A_{pb} ——同一弯起平面内预应力弯起钢筋的截面面积；
- W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
- W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
- W_n ——净截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
- I ——截面惯性矩；
- I_0 ——换算截面惯性矩；
- I_n ——净截面惯性矩。

2.4 计算系数

2.4.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表计算系数的符号，应按下列规定采用：

- α_c ——轻骨料混凝土线膨胀系数；
- α_a ——轻骨料混凝土拉应力限制系数；
- α_E ——钢筋弹性模量与轻骨料混凝土弹性模量的比值；
- γ ——受拉区轻骨料混凝土塑性影响系数；
- λ ——计算截面的剪跨比；
- ρ ——纵向受拉钢筋配筋率；
- ρ_v ——箍筋的体积配筋率；
- φ ——轴心受压构件的稳定系数；
- θ ——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数；
- ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

3 材 料

3.1 轻骨料混凝土

3.1.1 用轻粗骨料、轻细骨料或普通砂、水泥和水配制成的混凝土，其干表观密度不大于 1950kg/m^3 者，称为轻骨料混凝土。本规程适用于粉煤灰陶粒混凝土、粘土陶粒混凝土、页岩陶粒混凝土、浮石或火山渣混凝土、自燃煤矸石混凝土和膨胀矿渣珠混凝土。

3.1.2 钢筋轻骨料混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 **CL15**；预应力轻骨料混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 **CL25**。用于自承重兼保温的钢筋轻骨料混凝土及预应力轻骨料混凝土构件的混凝土强度等级可适当降低。

3.1.3 轻骨料混凝土按其干表观密度分为十二个等级。某一密度等级轻骨料混凝土及钢筋轻骨料混凝土的密度标准值应按表 3.1.3 采用。

3.1.4 轻骨料混凝土强度标准值应按表 3.1.4 采用。

3.1.5 轻骨料混凝土强度设计值应按表 3.1.5 采用。

表 3.1.3 轻骨料混凝土及钢筋轻骨料混凝土的密度标准值

密度等级	轻骨料混凝土干表观 密度变化范围 (kg/m^3)	密度标准值 (kg/m^3)	
		轻骨料混凝土	钢筋轻骨料混凝土
800	760~850	850	900
900	860~950	950	1000
1000	960~1050	1050	1100
1100	1060~1150	1150	1200
1200	1160~1250	1250	1350
1300	1260~1350	1350	1450

密度等级	轻骨料混凝土干表观 密度变化范围 (kg/m ³)	密度标准值 (kg/m ³)	
		轻骨料混凝土	钢筋轻骨料混凝土
1400	1360~1450	1450	1550
1500	1460~1550	1550	1650
1600	1560~1650	1650	1750
1700	1660~1750	1750	1850
1800	1760~1850	1850	1950
1900	1860~1950	1950	2050

注：1. 钢筋轻骨料混凝土的密度标准值，也可根据实际情况确定；
2. 对蒸养后即行起吊的预制构件，吊装验算时，其密度标准值应增加 100kg/m³。

表 3.1.4 轻骨料混凝土强度标准值 (N/mm²)

强度种类	符号	轻骨料混凝土强度等级									
		CL7.5	CL10	CL15	CL20	CL25	CL30	CL35	CL40	CL45	CL50
轴心抗压	f_{ak}	5.0	6.7	10.0	13.5	17.0	20.0	23.5	27.0	29.5	32.0
弯曲抗压	f_{cmk}	5.5	7.5	11.0	15.0	18.5	22.0	26.0	29.5	32.5	35.0
抗拉	f_t	0.75	0.90	1.20	1.50	1.75	2.00	2.25	2.45	2.60	2.75

注：1. 浮石或火山渣混凝土的抗拉强度标准值，应按表中数值乘以系数 0.8；
2. 自燃煤矸石混凝土的抗拉强度标准值，应按表中数值乘以系数 0.85。

表 3.1.5 轻骨料混凝土强度设计值 (N/mm²)

强度种类	符号	轻骨料混凝土强度等级									
		CL7.5	CL10	CL15	CL20	CL25	CL30	CL35	CL40	CL45	CL50
轴心抗压	f_c	3.7	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	19.5	21.5	23.5
弯曲抗压	f_{cm}	4.1	5.5	8.5	11.0	13.5	16.5	19.0	21.5	23.5	26.0
抗拉	f_t	0.55	0.65	0.90	1.10	1.30	1.50	1.65	1.80	1.90	2.00

注：1. 浮石或火山渣混凝土的抗拉强度设计值，应按表中数值乘以系数 0.8；
2. 自燃煤矸石混凝土的抗拉强度设计值，应按表中数值乘以系数 0.85；
3. 计算现浇钢筋轻骨料混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于 300mm，则表中轻骨料混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8；当构件质量（如混凝土成型、截面和轴线尺寸等）确有保证时，可不受此限。

3.1.6 轻骨料混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 可按表 3.1.6 采用。

表 3.1.6 轻骨料混凝土的弹性模量 E_c ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)

强度等级	密 度 等 级											
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
CL7.5	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	—	—	—
CL10	—	—	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6	10.2	—	—
CL15	—	—	—	—	8.8	9.5	10.2	10.9	11.6	12.3	13.0	—
CL20	—	—	—	—	—	—	11.9	12.7	13.5	14.3	15.1	15.9
CL25	—	—	—	—	—	—	—	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8
CL30	—	—	—	—	—	—	—	—	16.5	17.5	18.5	19.5
CL35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18.0	19.0	20.0
CL40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18.5	19.5	20.5
CL45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0	21.0
CL50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.5	21.5

注：1. 当有试验依据时，弹性模量值也可根据实测数据确定；
 2. 用膨胀矿渣珠或自然煤矸石作粗骨料的混凝土，其弹性模量可比表列数值提高 20%。

3.1.7 轻骨料混凝土的剪变模量 G_c 可按下式计算：

$$G_c = \frac{5}{12} E_c \quad (3.1.7)$$

轻骨料混凝土的泊松比 ν_c 可采用 0.2。

3.1.8 当温度在 0℃ 到 100℃ 范围内时，轻骨料混凝土的线膨胀系数 α_c 可按表 3.1.8 采用。

表 3.1.8 轻骨料混凝土的线膨胀系数 α_c

密 度 等 级	α_c (以每摄氏度计)
≤ 1400	0.7×10^{-5}
1900	1.0×10^{-5}

注：中间密度等级的 α_c 值按直线内插法确定。

3.2 钢 筋

3.2.1 钢筋轻骨料混凝土结构及预应力轻骨料混凝土结构的钢筋，应按下列规定选用：

3.2.1.1 普通钢筋宜采用 I、II、III 级钢筋和 LL550 级冷轧带肋钢

筋，也可采用冷拉I级 ($d \leq 12\text{mm}$) 钢筋和乙级冷拔低碳钢丝。

3.2.1.2 预应力钢筋宜采用碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋，以及冷拉 II、III、IV 级钢筋。

3.2.1.3 对中、小型构件中的预应力钢筋，宜采用 LL650 级或 LL800 级冷轧带肋钢筋，也可采用甲级冷拔低碳钢丝。碳素钢丝宜用于后张法构件。

注：1. 普通钢筋系指用于钢筋轻骨料混凝土结构中的钢筋和预应力轻骨料混凝土结构中的非预应力钢筋；

2. 碳素钢丝和刻痕钢丝系指国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB5223 中的光面和刻痕的并经消除应力的强度高圆形钢丝。

3.2.2 钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

普通钢筋的强度标准值和预应力钢筋的强度标准值应按表 3.2.2-1 及表 3.2.2-2 采用。

表 3.2.2-1 钢筋强度标准值 (N/mm^2)

种 类		f_{yk} 或 f_{pyk} 或 f_{stk} 或 f_{ptk}
热轧钢筋	I 级 (Q235)	235
	II 级 (20MnSi、20MnNb (b))	335
	III 级 (20MnSiV、20MnTi、K20MnSi)	400
	IV 级 (40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)	540
冷拉钢筋	I 级 ($d \leq 12$)	280
	II 级 $d \leq 25$	450
	$d = 28 \sim 40$	430
	III 级	500
冷轨带肋钢筋	LL550 ($d = 4 \sim 12$)	550
	LL650 ($d = 4、5、6$)	650
	LL800 ($d = 5$)	800
热处理钢筋	40Si2Mn ($d = 6$)	1470
	48Si2Mn ($d = 8.2$)	
	45Si2Cr ($d = 10$)	

注：III 级 K20MnSi 钢筋系余热处理钢筋。

表 3.2.2-2 钢丝、钢绞线强度标准值 (N/mm²)

种 类		f_{sk} 或 f_{pk}	
碳素钢丝	$\phi 4$ 、 $\phi 5$	1770、1670、1570、1470	
	$\phi 6$	1670、1570	
	$\phi 7$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 9$	1570、1470	
刻痕钢丝	$\phi 5$ 、 $\phi 7$	1570、1470	
冷拔低碳钢丝	甲级： $\phi 4$ $\phi 5$	I 700 650	II 组 650 600
	乙级： $\phi 3 \sim \phi 5$	550	
钢 绞 线	二股	$d=10.0$ $d=12.0$	1720
	三股	$d=10.8$ $d=12.9$	1720
	七股	$d=9.5$ $d=11.1$ $d=12.7$ $d=15.2$	1860 1860 1860 1860、1820、1720

注：1. 钢绞线直径 d 系指钢绞线截面的外接圆直径，即钢绞线标准 GB5224—95 中的公称直径 D_g ；钢绞线的计算截面面积和公称质量见附录 E；

2. 用作预应力钢筋的甲级冷拔低碳钢丝经机械调直后，强度标准值应降低 50N/mm²。

3.2.3 钢筋抗拉强度设计值 f_y 或 f_{py} 及钢筋抗压强度设计值 f'_y 或 f'_{py} 应分别按表 3.2.3-1 及表 3.2.3-2 采用。

表 3.2.3-1 钢筋强度设计值 (N/mm²)

种 类		f_y 或 f_{py}	f'_y 或 f'_{py}	
热轧钢筋	I 级 (Q235)	210	210	
	II 级 (20MnSi、20MnNb (b))	310	310	
	III 级 (20MnSiV、20MnTi、K20MnSi)	360	360	
	IV 级 (40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)	500	400	
冷拉钢筋	I 级 ($d \leq 12$)	250	210	
	II 级	$d \leq 25$	380	310
		$d = 28 \sim 40$	360	310
	III 级	420	360	
IV 级	580	400		

种 类		f_y 或 f_{fy}	f'_y 或 f'_{fy}
冷轧带肋钢筋	LL550 ($d=4\sim 12$)	360	360
	LL650 ($d=4、5、6$)	430	380
	LL800 ($d=5$)	530	380
热处理钢筋	40Si2Mn ($d=6$)	1000	400
	48Si2Mn ($d=8.2$)		
	45Si2Cr ($d=10$)		

- 注：1. 在钢筋轻骨料混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 $310\text{N}/\text{mm}^2$ 时，仍应按 $310\text{N}/\text{mm}^2$ 取用，其他构件的钢筋抗拉强度设计值大于 $360\text{N}/\text{mm}^2$ 时，仍应按 $360\text{N}/\text{mm}^2$ 取用；对于直径大于 12mm 的 I 级钢筋，如经冷拉，不得利用冷拉后的强度；
2. 当钢筋轻骨料混凝土结构的轻骨料混凝土强度等级为 CL10 时，光面钢筋的强度设计值应按 $190\text{N}/\text{mm}^2$ 取用，变形钢筋的强度设计值应按 $230\text{N}/\text{mm}^2$ 取用；
3. 成盘供应的 LL550 级冷轧带肋钢筋经机械调直后，抗拉强度设计值应降低 $20\text{N}/\text{mm}^2$ ，且抗压强度设计值不应大于相应的抗拉强度设计值；
4. 构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋根据其受力情况应采用各自的强度设计值。

表 3.2.3-2 钢丝、钢绞线强度设计值 (N/mm^2)

种 类		f_y 或 f_{fy}	f'_y 或 f'_{fy}	
碳素钢丝	$\phi 4\sim \phi 9$	$f_{ptk}=1770$	1200	
		$f_{ptk}=1670$	1130	
		$f_{ptk}=1570$	1070	
		$f_{ptk}=1470$	1000	
刻痕钢丝	$\phi 5、\phi 7$	$f_{ptk}=1570$	1070	
		$f_{ptk}=1470$	1000	
冷拔低碳钢丝	甲 级	组 别	I 组 II 组	
		$\phi 4$	460 430	
		$\phi 5$	430 400	
	乙 级	用于焊接骨架和焊接网时	320	320
		用于绑扎骨架和绑扎网时	250	250

种 类		f_{pk} 或 f_{py}	f_y 或 f_{fy}
钢绞线	二 股	$f_{pk}=1720$	1170
	三 股	$f_{pk}=1720$	1170
	七 股	$f_{pk}=1860$	1260
		$f_{pk}=1820$	1240
		$f_{pk}=1720$	1170

- 注：1. 冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时，应按表 3.2.2-2 规定的钢丝强度标准值逐盘进行检验，其强度设计值应按甲级采用；乙级冷拔低碳钢丝可按分批检验，并宜用作焊接骨架、焊接网、架立筋、箍筋和构造钢筋；
2. 用作预应力钢筋的甲级冷拔低碳钢丝经机械调直后，抗拉强度设计值应降低 30N/mm^2 ，且抗压强度设计值不应大于相应的抗拉强度设计值；
3. 当碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线的强度标准值不符合表 3.2.2-2 的规定时，其强度设计值应进行换算。

3.2.4 钢筋弹性模量 E_s 应按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 钢筋弹性模量 (N/mm^2)

种 类	E_s
I 级钢筋、冷拉 I 级钢筋	2.1×10^5
II 级钢筋、III 级钢筋、IV 级钢筋、热处理钢筋、碳素钢丝、冷拔低碳钢丝	2.0×10^5
冷轧带肋钢筋	1.9×10^5
冷拉 II 级钢筋、冷拉 III 级钢筋、冷拉 IV 级钢筋、刻痕钢丝、钢绞线	1.8×10^5

注：必要时，钢绞线可采用实测的弹性模量。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 本规程采用极限状态设计法，以分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.2 结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求，分别按下列规定进行计算和验算：

4.1.2.1 承载力及稳定：所有结构构件均应进行承载力（包括压屈失稳）计算，在必要时尚应进行结构的倾覆和滑移验算；处于地震区的结构，尚应进行结构构件的抗震承载力计算。

4.1.2.2 变形：根据使用条件需控制变形值的结构构件，应进行变形验算。

4.1.2.3 抗裂及裂缝宽度：对使用上要求不出现裂缝的构件，应进行轻骨料混凝土拉应力验算；对使用上允许出现裂缝的构件，应进行裂缝宽度验算。

4.1.3 结构构件的承载力（包括压屈失稳）计算和倾复、滑移验算，均采用荷载设计值；变形、抗裂及裂缝宽度验算，均采用相应的荷载代表值。

预制构件尚应按制作、运输及安装时的荷载设计值进行施工阶段的验算。预制构件本身吊装的验算，应将构件自重乘以动力系数，动力系数一般情况下取 1.5，但根据构件吊装时受力情况，可适当增减。

对现浇结构，必要时应进行施工阶段的验算。

当结构构件进行抗震设计时，荷载设计值和地震作用设计值均应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11 的规定采用。

4.1.4 纵向受力钢筋的配筋百分率小于本规程第 7.1.10 条规定时，钢筋轻骨料混凝土和预应力轻骨料混凝土结构构件，应按轻

骨料素混凝土结构构件考虑，并按本规程附录 A 的规定进行计算。

4.1.5 受弯构件的最大挠度应按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行计算，其计算值不应超过表 4.1.5 的允许值。

表 4.1.5 受弯构件的挠度允许值

构件类型	挠度允许值
屋盖、楼盖及楼梯构件： 当 $l_0 < 7\text{m}$ 时 当 $7 \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时 当 $l_0 > 9\text{m}$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$) $l_0/250$ ($l_0/300$) $l_0/300$ ($l_0/400$)
悬挂墙板（按平面外计算）： 当 $l_0 \leq 7.5\text{m}$ 时 当 $l_0 > 7.5\text{m}$ 时	$l_0/200$ $l_0/250$
悬挂墙板（按平面内计算）： 当 $l_0 \leq 7.5\text{m}$ 时 当 $l_0 > 7.5\text{m}$ 时	$l_0/600$ $l_0/800$

注：1. 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，预应力轻骨料混凝土构件尚可减去预加应力所产生的反拱值；

2. 表中括号中的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件；

3. 悬臂构件的挠度允许值应按表中相应数值乘以系数 2.0 取用；

4. l_0 为计算跨度。

4.1.6 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，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，按荷载短期效应组合进行计算时，构件受拉边缘轻骨料混凝土不应产生拉应力；

二级——一般要求不出现裂缝的构件，按荷载长期效应组合进行计算时，构件受拉边缘轻骨料混凝土不应产生拉应力，而按荷载短期效应组合进行计算时，构件受拉边缘轻骨料混凝土允许产生拉应力，但拉应力不应超过 $\alpha_{ct} f_{tk}$ ；

三级——允许出现裂缝的构件，最大裂缝宽度按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行计算，其计算值不应超

过允许值。

4.1.7 钢筋轻骨料混凝土和预应力轻骨料混凝土结构构件的裂缝控制等级、轻骨料混凝土拉应力限制系数 α_{ct} 及最大裂缝宽度允许值，应根据结构构件的工作条件和钢筋种类按表 4.1.7 采用。对裂缝控制有特殊要求的构件，表 4.1.7 规定的数值应适当减小；当有可靠的工程经验时，对预应力轻骨料混凝土构件的抗裂要求可适当放宽。

表 4.1.7 裂缝控制等级、轻骨料混凝土拉应力限制系数及最大裂缝宽度允许值

结构构件 工作条件		钢筋种类	预应力轻骨料混凝土结构	
		钢筋轻骨料 混凝土结构	冷拉Ⅱ级钢筋 冷拉Ⅲ级钢筋 冷拉Ⅳ级钢筋	碳素钢丝 刻痕钢丝 钢绞线 热处理钢筋 冷轧带肋钢筋 冷拔低碳钢丝
室内正常环境	一般构件	三级 0.3mm (0.4mm)	三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$
	屋面梁、托梁	三级 0.3mm	二级 $\alpha_{ct}=1.0$	二级 $\alpha_{ct}=0.5$
	屋架、托架	三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$	二级 $\alpha_{ct}=0.3$
露天或室内 高湿度环境		三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$	一级

- 注：1. 属于露天或室内高湿度环境一栏的构件系指：直接受雨淋的构件；无围护结构的房屋中经常受雨淋的构件；经常受蒸汽或凝结水作用的室内构件（如浴室等）；与土壤直接接触的构件；
2. 对处于年平均相对湿度小于 60% 的地区，且可变荷载标准值与恒载标准值之比大于 0.5 的受弯构件，其最大裂缝宽度允许值可采用括号内的数字；
3. 对配置冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝的预应力轻骨料混凝土一般构件及屋面梁，其裂缝控制要求应符合专门规程的有关规定；
4. 烟囱、筒仓及处于液体压力下的构件，其裂缝控制要求应符合现行专门规范的有关规定；
5. 表中预应力结构构件的轻骨料混凝土拉应力限制系数及最大裂缝宽度允许值仅适用于正截面的验算，斜截面的验算应符合本规程第 6 章的规定。

4.2 预应力轻骨料混凝土结构构件计算规定

4.2.1 预应力轻骨料混凝土构件除应根据使用条件进行承载力计算及变形、抗裂、裂缝宽度和应力验算外，尚应按具体情况对制作、运输、吊装等施工阶段进行验算。

4.2.2 预应力钢筋的张拉控制应力值 σ_{con} ，不宜超过表 4.2.2 的数值。

表 4.2.2 张拉控制应力允许值

钢 种	张 拉 方 法	
	先 张 法	后 张 法
碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线	$0.75f_{ptk}$	$0.70f_{ptk}$
热处理钢筋、冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝	$0.70f_{ptk}$	$0.65f_{ptk}$
冷拉钢筋	$0.90f_{pyk}$	$0.85f_{pyk}$

注：1. 预应力钢筋的强度标准值应按本规程第 3.2.2 条采用；

2. 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、热处理钢筋的张拉控制应力值不应小于 $0.4f_{ptk}$ ；冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝的张拉控制应力值不宜小于 $0.4f_{ptk}$ ；冷拉钢筋的张拉控制应力值不宜小于 $0.5f_{pyk}$ 。

4.2.3 施加预应力时，轻骨料混凝土立方体抗压强度应经计算确定，但不宜低于设计的轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

4.2.4 由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力及相应阶段预应力钢筋的应力，可分别按下列公式计算：

(1) 先张法构件

由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力

$$\sigma_{pe} = \frac{N_{p0}}{A_0} \pm \frac{N_{p0} e_{p0}}{I_0} y_0 \quad (4.2.4-1)$$

相应阶段预应力钢筋的有效预应力

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sigma_l - \alpha_E \sigma_{pe} \quad (4.2.4-2)$$

预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力

$$\sigma_{p0} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad (4.2.4-3)$$

(2) 后张法构件

由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力

$$\sigma_{pc} = \frac{N_p}{A_n} \pm \frac{N_p e_{pn}}{I_n} y_n \quad (4.2.4-4)$$

相应阶段预应力钢筋的有效预应力

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad (4.2.4-5)$$

预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力

$$\sigma_{p0} = \sigma_{con} - \sigma_l + \alpha_E \sigma_{pe} \quad (4.2.4-6)$$

式中 A_0 ——换算截面面积（包括扣除孔道、凹槽等削弱部分以外的轻骨料混凝土全部截面面积以及全部纵向预应力钢筋和非预应力钢筋截面面积换算成轻骨料混凝土的截面面积；对由不同轻骨料混凝土强度等级组成的截面，应根据轻骨料混凝土弹性模量比值换算成同一轻骨料混凝土强度等级的截面面积）；

A_n ——净截面面积（换算截面面积减去全部纵向预应力钢筋截面面积换算成轻骨料混凝土的截面面积）；

I_0 ——换算截面惯性矩；

I_n ——净截面惯性矩；

e_{p0} ——换算截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算；

e_{pn} ——净截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算；

y_0 ——换算截面重心至所计算纤维处的距离；

y_n ——净截面重心至所计算纤维处的距离；

σ_l ——相应阶段的预应力损失值，应按本规程第 4.2.6 条至第 4.2.11 条的规定计算；

α_E ——钢筋弹性模量与轻骨料混凝土弹性模量的比值；

$\alpha_E = E_s / E_c$ ，此处， E_s 应按本规程表 3.2.4 取用， E_c 可按本规程表 3.1.6 取用；

N_{p0} ——先张法构件预应力及非预应力钢筋的合力，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算；

N_p ——后张法构件预应力及非预应力钢筋的合力，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算。

注：在公式 (4.2.4-1)、(4.2.4-4) 中，右边第二项与第一项的应力方向同时取正号，相反时取负号。公式 (4.2.4-2)、(4.2.4-6) 适用于 σ_{pe} 为压应力的情况，当 σ_{pe} 为拉应力时，应以负值代入。

4.2.5 预应力钢筋及非预应力钢筋的合力及合力点的偏心距 (图 4.2.5) 可按下列公式计算：

(1) 先张法构件

$$N_{p0} = \sigma_{p0} A_p + \sigma'_{p0} A'_p - \sigma_b A_s - \sigma'_b A'_s \quad (4.2.5-1)$$

$$e_{p0} = \frac{\sigma_{p0} A_p y_p - \sigma'_{p0} A'_p y'_p - \sigma_b A_s y_s + \sigma'_b A'_s y'_s}{\sigma_{p0} A_p + \sigma'_{p0} A'_p - \sigma_b A_s - \sigma'_b A'_s} \quad (4.2.5-2)$$

(2) 后张法构件

$$N_p = \sigma_{pe} A_p + \sigma'_{pe} A'_p - \sigma_b A_s - \sigma'_b A'_s \quad (4.2.5-3)$$

$$e_{pn} = \frac{\sigma_{pe} A_p y_{pn} - \sigma'_{pe} A'_p y'_{pn} - \sigma_b A_s y_{sn} + \sigma'_b A'_s y'_{sn}}{\sigma_{pe} A_p + \sigma'_{pe} A'_p - \sigma_b A_s - \sigma'_b A'_s} \quad (4.2.5-4)$$

式中 σ_{p0} ——受拉区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力；

σ'_{p0} ——受压区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力；

σ_{pe} ——受拉区预应力钢筋的有效预应力；

σ'_{pe} ——受压区预应力钢筋的有效预应力；

A_p ——受拉区预应力钢筋的截面面积；

A'_p ——受压区预应力钢筋的截面面积；

A_s ——受拉区非预应力钢筋的截面面积；

A'_s ——受压区非预应力钢筋的截面面积；

y_p ——受拉区预应力合力点至换算截面重心的距离；

- y'_p ——受压区预应力合力点至换算截面重心的距离；
- y_s ——受拉区非预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；
- y'_s ——受压区非预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；
- σ_{B} ——受拉区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土收缩和徐变引起的预应力损失值，应按本规程第 4.2.9 条的规定计算；
- σ'_{B} ——受压区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土收缩和徐变引起的预应力损失值，应按本规程第 4.2.9 条的规定计算；
- y_{pn} ——受拉区预应力合力点至净截面重心的距离；
- y'_{pn} ——受压区预应力合力点至净截面重心的距离；
- y_{sn} ——受拉区非预应力钢筋重心至净截面重心的距离；
- y'_{sn} ——受压区非预应力钢筋重心至净截面重心的距离。

注：当公式 (4.2.5-1) 至 (4.2.5-4) 中的 $A'_p=0$ 时，可取式中 $\sigma'_{\text{B}}=0$ 。

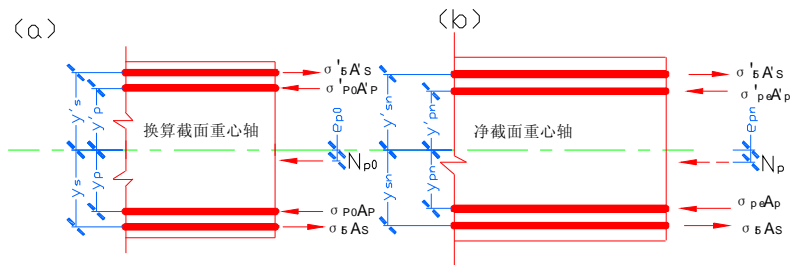


图 4.2.5 预应力钢筋及非预应力钢筋合力位置

(a) 先张法构件；(b) 后张法构件

4.2.6 预应力钢筋中的预应力损失值可按表 4.2.6 的规定计算，当计算求得的预应力总损失值小于下列数值时，则按下列数值取用：

先张法构件	130N/mm ²
后张法构件	110N/mm ²

表 4.2.6 预应力损失值 (N/mm²)

引起损失的因素		符号	先张法构件	后张法构件
张拉端锚具变形和钢筋内缩		σ_{11}	按本规程第 4.2.7 条的规定计算	按本规程第 4.2.7 条和第 4.2.8 条的规定计算
预应力钢筋的摩擦	与孔道壁之间的摩擦	σ_{12}	—	按本规程第 4.2.8 条的规定计算
	在转向装置处的摩擦		按实际情况确定	—
轻骨料混凝土加热养护时,受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差		σ_{13}	$2 \Delta t$	—
预应力钢筋的应力松弛		σ_{14}	冷拉钢筋、热处理钢筋: 一次张拉 $0.05 \sigma_{con}$ 超张拉 $0.035 \sigma_{con}$ 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线: 普通松弛 $0.4 \psi \left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.5 \right) \sigma_{con}$ 此处,一次张拉 $\psi=1$,超张拉 $\psi=0.9$ 低松弛 当 $\sigma_{con} \leq 0.7 f_{ptk}$ 时 $0.125 \left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.5 \right) \sigma_{con}$ 当 $0.7 f_{ptk} < \sigma_{con} \leq 0.8 f_{ptk}$ 时 $0.20 \left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.575 \right) \sigma_{con}$ 冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝: 一次张拉 $0.08 \sigma_{con}$	
轻骨料混凝土的收缩和徐变		σ_{15}	按本规程第 4.2.9 条的规定计算	

注: 1. 表中 Δt 为轻骨料混凝土加热养护时,受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差 (°C);

2. 当取表中超张拉的应力松弛损失值时,张拉程序应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204 的要求;

3. 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线当 $\sigma_{con}/f_{ptk} \leq 0.5$ 时,预应力钢筋的应力松弛损失值应取等于零。

4.2.7 预应力直线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{11} (N/mm²) 可按下列公式计算:

$$\sigma_{11} = \frac{a}{l} E_s \quad (4.2.7)$$

式中 a ——张拉端锚具变形和钢筋内缩值，应按表 4.2.7 取用；
 l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm)。

表 4.2.7 锚具变形和钢筋内缩值 a (mm)

锚具类别	a
带螺帽的锚具 (包括钢丝束的锥形螺杆锚具、筒式锚具等)； 螺帽缝隙 每块后加垫板的缝隙	1 1
钢丝束的镦头锚具	1
钢丝束的钢制锥形锚具	5
M12 锚具：当预应力筋为钢筋时 当预应力筋为钢绞线时	3 5
单根冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝的锥形锚夹具	5

注：1. 表中的锚具变形和钢筋内缩值也可根据实测数据确定；

2. 其他类型的锚具变形和钢筋内缩值应根据实测数据确定。

4.2.8 后张法构件预应力曲线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 以及预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦引起的预应力损失 σ_{l2} ，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定采用。

4.2.9 轻骨料混凝土收缩、徐变引起受拉区、受压区预应力钢筋的预应力损失 σ_{l5} 、 σ'_{l5} (N/mm^2) 可按下列公式计算：

$$\sigma_{l5} = \alpha_1 \alpha_2 \frac{a + b \frac{\sigma_{pc}}{f_{cu}}}{1 + 15\rho} \quad (4.2.9-1)$$

$$\sigma'_{l5} = \alpha_1 \alpha_2 \frac{a + b \frac{\sigma'_{pc}}{f'_{cu}}}{1 + 15\rho'} \quad (4.2.9-2)$$

式中 f_{cu} ——施加预应力时的轻骨料混凝土立方体抗压强度；
 σ_{pc} ——受拉区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向压应力；
 σ'_{pc} ——受压区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向压应力；

- ρ ——受拉区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率；
- ρ' ——受压区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率；
- a ——计算系数，应按本规程表 4.2.10-1 取用；
- b ——计算系数，应按本规程表 4.2.10-1 取用；
- α_1 ——环境湿度影响系数，应按本规程表 4.2.10-2 取用；
- α_2 ——体积表面积比影响系数，应按本规程表 4.2.10-3 取用。

受拉区、受压区预应力钢筋在各自合力点处轻骨料混凝土法向压应力 σ_{pc} 、 σ'_{pc} 应按本规程第 4.2.4 条和第 4.2.5 条的规定计算。此时，预应力损失值仅考虑轻骨料混凝土预压前(第一批)的损失，其非预应力钢筋中的应力 σ_s 、 σ'_s 应取等于零， σ_{pc} 、 σ'_{pc} 值不得大于 $0.5f_{cu}$ ；当 σ'_{pc} 为拉应力时，则公式(4.2.9-2)中的 σ'_{pc} 应取等于零。计算 σ_{pc} 、 σ'_{pc} 时可根据构件制作情况考虑自重的影响。

受拉区、受压区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率 ρ 、 ρ' 可按下列情况考虑：对先张法构件， $\rho=(A_p+A_s)/A_0$ ， $\rho'=(A'_p+A'_s)/A_0$ ；对后张法构件， $\rho=(A_p+A_s)/A_n$ ， $\rho'=(A'_p+A'_s)/A_n$ ；对于对称配置预应力钢筋和非预应力钢筋的构件，取 $\rho=\rho'$ ，此时配筋率应按其钢筋截面面积的一半进行计算。

当构件采用常压蒸养时， σ_s 、 σ'_s 应乘以折减系数 0.85。

当能预先确定构件承受外荷载的时间时，可考虑时间对轻骨料混凝土收缩和徐变损失值的影响，此时，可将 σ_s 及 σ'_s 乘以不得大于 1 的系数 β ，系数 β 可按下列公式计算：

$$\beta = \frac{j}{\delta + \zeta j} \quad (4.2.9-3)$$

式中 j ——结构构件从预加应力时起至承受外荷载的时间 (d)；

δ ——时间影响系数，应按本规程表 4.2.10-4 采用；

ζ ——时间影响系数，应按本规程表 4.2.10-4 采用。

4.2.10 预应力钢筋的预应力损失计算时，考虑各种因素的计算影响系数，可按下列各表的规定取用：

表 4.2.10-1 收缩、徐变影响系数 (N/mm²)

施加预应力方式	骨料种类	<i>a</i>	<i>b</i>
先张法	陶粒	80	290
	自然煤矸石	75	220
	浮石	90	215
后张法	陶粒	60	290
	自然煤矸石	55	220
	浮石	70	215

表 4.2.10-2 环境湿度影响系数

环境温度条件	α_1
干燥条件	1.30
正常条件	1.00
高湿条件	0.75

表 4.2.10-3 体积表面积比影响系数

体积表面积比 (V/S) (mm)	α_2
≤ 25	1.00
50	0.95
75	0.90
100	0.80
125	0.70
≥ 150	0.60

注：表中 V 为构件的体积， S 为构件在空气中外露的表面积。

表 4.2.10-4 时间影响系数

混凝土种类	δ	ζ
陶粒混凝土	48	0.60
自然煤矸石混凝土	32	0.73
浮石混凝土	16	0.86

4.2.11 预应力构件在各阶段的预应力损失值可按表 4.2.11 的规定进行组合。

表 4.2.11 各阶段预应力损失值的组合

预应力损失值的组合	先张法构件	后张法构件
轻骨料混凝土预压前的损失 (第一批)	$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4$	$\sigma_1 + \sigma_2$
轻骨料混凝土预压后的损失 (第二批)	σ_5	$\sigma_4 + \sigma_5$

4.2.12 计算先张法预应力轻骨料混凝土构件端部锚固区的正截面和斜截面受弯承载力时，锚固区内的预应力钢筋抗拉强度设计值可按下列规定取用：

在锚固起点处为零，在锚固终点处为 f_{py} ，在两点之间可按直线内插法取值。

对采用冷拉 II 级、III 级钢筋和冷轧带肋钢筋的先张法构件，其锚固区预应力钢筋的抗拉强度设计值可不折减。

预应力钢筋的锚固长度 l_a 应按表 4.2.12 取用。

表 4.2.12 预应力钢筋锚固长度 (mm)

钢筋类型	轻骨料混凝土强度等级	
	CL30	≥CL40
刻痕钢丝 (φ5)	170 d	120 d
钢绞线	七股	120 d
	三股	100 d
冷拔低碳钢丝	130 d	100 d

注：1. 当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时，锚固长度的起点应从距构件末端 $0.25 l_a$ 处开始，预应力钢筋的预应力传递长度 l_t 应按表 6.1.5 取用；

2. 表中钢筋强度标准值为：刻痕钢丝 1570N/mm^2 ；钢绞线 1860N/mm^2 ；冷拔低碳钢丝 700N/mm^2 。当强度标准值为其他数值时，锚固长度按强度比例增减。

4.2.13 预应力轻骨料混凝土构件在制作、运输及安装阶段的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

4.2.14 对先张法和后张法预应力轻骨料混凝土构件，在承载力和裂缝宽度计算中，所用的轻骨料混凝土法向预应力等于零时的

预应力钢筋及非预应力钢筋合力 N_{p0} 及相应的合力点的偏心距 e_{p0} ，均应按本规程公式 (4.2.5-1) 及 (4.2.5-2) 计算，此时，先张法和后张法构件的预应力钢筋的应力 σ_{p0} 、 σ'_{p0} 应按本规程第 4.2.4 条的规定计算。

5 承载能力极限状态计算

5.1 正截面承载力计算

5.1.1 正截面承载力计算时应遵守下列基本假定：

5.1.1.1 截面应变保持平面。

5.1.1.2 不考虑轻骨料混凝土的抗拉强度。

5.1.1.3 轻骨料混凝土轴心受压的应力与应变关系曲线为抛物线，其极限压应变取 0.0022；相应的最大压应力取轻骨料混凝土轴心抗压强度设计值 f_c ；对非均匀受压构件，当压应变 $\varepsilon_c \leq 0.0022$ 时，应力与应变关系曲线为抛物线；当压应变 $\varepsilon_c > 0.0022$ 时，应力与应变关系呈水平线，其极限压应变 ε_{cu} 取 0.0033，相应的最大压应力取轻骨料混凝土弯曲抗压强度设计值 f_{cm} 。

5.1.1.4 钢筋应力取等于钢筋应变与其弹性模量的乘积，但不大于其强度设计值。受拉钢筋的极限拉应变取 0.01。

5.1.2 受压区轻骨料混凝土的应力图形可简化为等效的矩形应力图，其高度可取等于按平截面假定所确定的中和轴高度乘以系数 0.75，矩形应力图的应力可取为轻骨料混凝土弯曲抗压强度设计值 f_{cm} 。

5.1.3 受拉钢筋和受压区轻骨料混凝土同时达到其强度设计值时的相对界限受压区高度应按下列公式计算：

(1) 对有屈服点钢筋（热轧钢筋、冷拉钢筋）

$$\xi_b = \frac{0.75}{1 + \frac{f_s - \sigma_{p0}}{0.0033 E_s}} \quad (5.1.3-1)$$

(2) 对无屈服点钢筋（热处理钢筋、冷轧带肋钢筋、钢丝和钢绞线）

$$\xi_b = \frac{0.75}{1.6 + \frac{f_s - \sigma_{p0}}{0.0033 E_s}} \quad (5.1.3-2)$$

式中 ξ_b ——相对界限受压区高度；
 f_s ——纵向钢筋的抗拉强度设计值，对普通钢筋，取 $f_s = f_y$ ，对预应力钢筋，取 $f_s = f_{py}$ ； f_y 、 f_{py} 值应按本规程表 3.2.3-1、表 3.2.3-2 确定；
 E_s ——钢筋弹性模量；
 σ_{p0} ——受拉区纵向预应力钢筋合力点处轻骨料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种类或不同预应力值的钢筋的受弯构件，其相对界限受压区高度应分别计算，并取其较小值。

5.1.4 钢筋应力可根据平截面假定计算，也可按下列近似公式计算：

(1) 对普通钢筋

$$\sigma_{si} = \frac{f_y}{\xi_b - 0.75} \left(\frac{x}{h_{0i}} - 0.75 \right) \quad (5.1.4-1)$$

此时，钢筋应力应符合下列条件：

$$-f_y \leq \sigma_{si} \leq f_y \quad (5.1.4-2)$$

当 σ_{si} 为拉应力且其值大于 f_y 时，取 $\sigma_{si} = f_y$ ；当 σ_{si} 为压应力且其绝对值大于 f_y 时，取 $\sigma_{si} = -f_y$ 。

(2) 对预应力钢筋

$$\sigma_{pi} = \frac{f_{py} - \sigma_{p0i}}{\xi_b - 0.75} \left(\frac{x}{h_{0i}} - 0.75 \right) + \sigma_{p0i} \quad (5.1.4-3)$$

此时，钢筋应力应符合下列条件：

$$\sigma_{p0i} - f_{py} \leq \sigma_{pi} \leq f_{py} \quad (5.1.4-4)$$

当 σ_{pi} 为拉应力且其值大于 f_{py} 时，取 $\sigma_{pi} = f_{py}$ ；当 σ_{pi} 为压应力且其绝对值大于 $(\sigma_{p0i} - f_{py})$ 的绝对值时，取 $\sigma_{pi} = \sigma_{p0i} - f_{py}$ 。

式中 h_{0i} ——第 i 层纵向钢筋截面重心至轻骨料混凝土受压区边缘的距离；

x ——轻骨料混凝土受压区高度；

σ_{si} ——第 i 层纵向的普通钢筋的应力，正值代表拉应力，

负值代表压应力；

σ_{pi} ——第 i 层纵向的预应力钢筋的应力，正值代表拉应力，负值代表压应力；

σ_{p0i} ——第 i 层纵向预应力钢筋截面重心处轻骨料混凝土法向应力为零时预应力钢筋的应力。

5.1.5 矩形截面或翼缘位于受拉边的 T 形截面受弯构件，其正截面受弯承载力应按下列公式计算（图 5.1.5）：

$$M \leq f_{cm} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.5-1)$$

轻骨料混凝土受压区高度应按下列公式确定：

$$f_{cm} b x = f_y A_s - f_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.1.5-2)$$

轻骨料混凝土受压区的高度尚应符合下列要求：

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (5.1.5-3)$$

$$x \geq 2 a' \quad (5.1.5-4)$$

式中 M ——弯矩设计值；

f_{cm} ——轻骨料混凝土弯曲抗压强度设计值，应按本规程表

3.1.5 确定；

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；

h_0 ——截面有效高度；

b ——矩形截面的宽度或 T 形截面的腹板宽度；

a'_s ——受压区纵向普通钢筋合力点至受压区边缘的距离；

a'_p ——受压区纵向预应力钢筋合力点至受压区边缘的距离；

a' ——纵向受压钢筋合力点至受压区边缘的距离，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

的应力 $(\sigma'_{p0} - f'_{py})$ 为拉应力时,公式(5.1.5-4)中的 a' 应用 a'_s 代替。

注:钢筋轻骨料混凝土矩形截面受弯构件,当仅配有纵向受拉钢筋时,其钢筋的截面面积可按本规程附录 B 的规定计算。

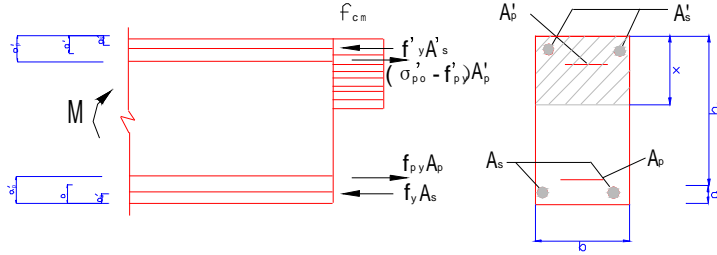


图 5.1.5 矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算

5.1.6 翼缘位于受压区的 T 形截面受弯构件(图 5.1.6),其正截面受弯承载力应按下列情况计算:

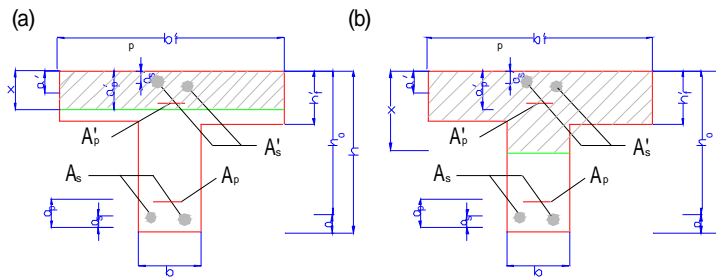


图 5.1.6 T 形截面受弯构件受压区高度位置

(a) $x \leq h'_f$; (b) $x > h'_f$

(1)当符合下列条件时

$$f_y A_s + f_{py} A_p \leq f_{cm} b'_f h'_f + f'_y A'_s - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.1.6-1)$$

则按宽度为 b'_f 的矩形截面计算;

(2)当不符合公式(5.1.6-1)的条件时,计算中应考虑截面中

腹板受压的作用,其正截面受弯承载力应按下列公式计算:

$$M \leq f_{cm} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_{cm} (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.6-2)$$

轻骨料混凝土受压区高度应按下列公式确定:

$$f_{cm} [bx + (b'_f - b) h'_f] = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.1.6-3)$$

式中 h'_f ——T形截面受压区的翼缘高度;

b'_f ——T形截面受压区的翼缘计算宽度,按本规程第5.1.7条确定。

按上述公式计算T形截面受弯构件时,轻骨料混凝土受压区的高度仍应符合公式(5.1.5-3)、(5.1.5-4)的要求。

5.1.7 T形及倒L形截面受弯构件位于受压区的翼缘计算宽度 b'_f ,应按表5.1.7所列各项中的最小值取用。

表5.1.7 T形及倒L形截面受弯构件翼缘计算宽度 b'_f

考 虑 情 况	T型截面		倒L形截面
	肋形梁(板)	独立梁	肋形梁(板)
按计算跨度 l_0 考虑	$\frac{1}{3} l_0$	$\frac{1}{3} l_0$	$\frac{1}{6} l_0$
按梁(肋)净距 s_n 考虑	$b + s_n$	—	$b + \frac{s_n}{2}$
按翼缘高度 h'_f 考虑	当 $h'_f/h_0 \geq 0.1$	—	$b + 12 h'_f$
	当 $0.1 > h'_f/h_0 \geq 0.05$	$b + 12 h'_f$	$b + 6 h'_f$
	当 $h'_f/h_0 < 0.05$	$b + 12 h'_f$	b

注:1.表中 b 为梁的腹板宽度;

2.如肋形梁在梁跨内设有间距小于纵肋间距的横肋时,则可不遵守表列第三种情况的规定;

3.对有加腋的T形和倒L形截面,当受压区加腋的高度 $h_n \geq h'_f$ 且加腋的宽度 $b_n \leq 3 h_n$ 时,则其翼缘计算宽度可按表列第三种情况的规定分别增加 $2 b_n$ (T形截面)和 b_n (倒L形截面);

4.独立梁受压区的翼缘板在荷载作用下经验算沿纵肋方向可能产生裂缝时,其计算宽度应取用腹板宽度 b 。

5.1.8 受弯构件正截面受弯承载力的计算,应符合 $x \leq \xi_b h_0$ 的要求。当由构造要求或按正常使用极限状态计算要求配置的纵向受拉钢筋截面面积大于受弯承载力要求时,则在验算 $x \leq \xi_b h_0$ 时,可仅取受弯承载力条件所需的纵向受拉钢筋截面面积。

5.1.9 在计算中考虑普通受压钢筋时,必须符合公式 $x \geq 2a'$ 的条件,当不符合此条件时,正截面受弯承载力可按下列公式计算:

$$M \leq f_{py} A_p (h - a_p - a'_s) + f_y A_s (h - a_s - a'_s) + (\sigma_{p0} - f_{py}) A'_p (a'_p - a'_s) \quad (5.1.9)$$

式中 a_s ——受拉区纵向普通钢筋至受拉边缘的距离;

a_p ——受拉区纵向预应力钢筋至受拉边缘的距离。

5.1.10 配置碳素钢丝和钢绞线的预应力轻骨料混凝土受弯构件,受拉区纵向预应力钢筋强度设计值 f_{py} 可乘以钢筋应力增大系数 β_p 。

钢筋应力增大系数可按下列公式确定:

$$\beta_p = 1.1 - 0.1 \frac{x}{x_b} \quad (5.1.10)$$

5.1.11 双向受弯构件的正截面受弯承载力,当内、外弯矩作用平面相重合时,应按本规程第5.1.1条至第5.1.4条的规定进行计算。当内、外弯矩作用平面不相重合时,除按本条的规定进行计算外,尚应进行受剪扭承载力计算。

注:对矩形、倒L形和T形截面的双向受弯构件,其正截面受弯承载力可按本规程附录C的近似方法进行计算。

5.1.12 钢筋轻骨料混凝土轴心受压构件,当配有箍筋或在纵向钢筋上焊有横向钢筋时(图5.1.12),其正截面受压承载力应按下列公式计算:

$$N \leq \varphi (f_c A + f_y A'_s) \quad (5.1.12)$$

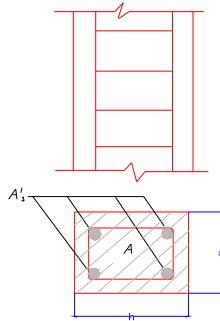


图5.1.12 配置箍筋的轻骨料混凝土轴心受压构件截面

式中 N ——轴向力设计值；

φ ——钢筋轻骨料混凝土构件的稳定系数，按表 5.1.12 采用；

f_c ——轻骨料混凝土的轴心抗压强度设计值，按表 3.1.5 确定；

A ——构件截面面积；

A'_s ——全部纵向钢筋的截面面积。

当纵向钢筋配筋率大于 3% 时，式中 A 应改用 A_n ， $A_n = A - A'_s$ 。

表 5.1.12 钢筋轻骨料混凝土轴心受压构件的稳定系数 φ

l_0/b	≤ 4	6	8	10	12	14	16
l_0/d	≤ 3.5	5	7	8.5	10.5	12	14
l_0/i	≤ 14	21	28	35	42	48	55
φ	1	0.98	0.96	0.93	0.86	0.79	0.72
l_0/b	18	20	22	24	26	28	30
l_0/d	15.5	17	19	21	22.5	24	26
l_0/i	62	69	76	83	90	97	104
φ	0.65	0.58	0.51	0.45	0.40	0.35	0.30

注：表中 l_0 为构件计算长度； i 为截面最小回转半径； b 为矩形截面的短边尺寸； d 为圆形截面的直径。

5.1.13 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力应按下列公式计算(图 5.1.13)：

$$N \leq f_{cm} bx + f'_y A'_s - \sigma_s A_s - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p - \sigma_p A_p \quad (5.1.13-1)$$

$$Ne \leq f_{cm} bx \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.13-2)$$

$$e = \eta e_i + \frac{h}{2} - a \quad (5.1.13-3)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad (5.1.13-4)$$

$$e_a = 0.12(0.3 h_0 - e_0) \quad (5.1.13-5)$$

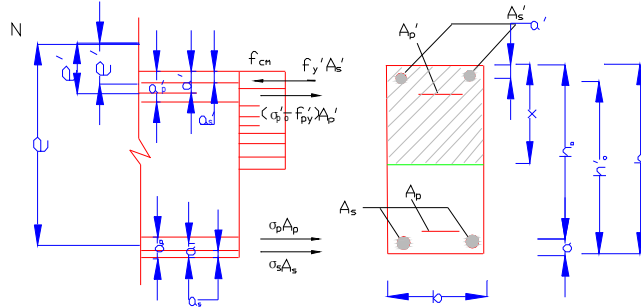


图 5.1.13 矩形截面偏心受压构件的正截面受压承载力计算
受拉边或受压较小边的普通钢筋及预应力钢筋的应力 σ_s 、 σ_p ，可按下列情况计算：

(1) 当 $\xi \leq \xi_b$ 时为大偏心受压构件，取 $\sigma_s = f_y$ 、 $\sigma_p = f_{pw}$ ，此处，
相对受压区高度 $\xi = \frac{x}{h_0}$ ；

(2) 当 $\xi > \xi_b$ 时为小偏心受压构件， σ_s 及 σ_p 分别按公式 (5.1.4-1) 及 (5.1.4-3) 进行计算。

- 式中 e ——轴向力作用点至普通受拉钢筋和预应力受拉钢筋的合力点之间的距离；
 η ——偏心受压构件考虑挠曲影响的轴向力偏心距增大系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定计算；
 e_i ——初始偏心距；
 a ——普通受拉钢筋和预应力受拉钢筋的合力点至截面近边缘的距离；
 e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距， $e_0 = M/N$ ；
 e_a ——附加偏心距；当 $e_0 \geq 0.3 h_0$ 时，取 $e_a = 0$ 。

当计算中考虑普通受压钢筋时，则受压区高度应符合 $x \geq 2 a'$

当不符合上述的条件时,其正截面受压承载力可按本规程第 5.1.9 条的规定进行计算。此时,应将公式(5.1.9)中 M 以 Ne'_s 代替。此处, e'_s 为轴向力作用点至受压区普通钢筋合力点的距离,在计算中应考虑偏心距增大系数,初始偏心距按公式 5.1.13-4 确定。

对小偏心受压构件,尚应按下列公式进行验算:

$$Ne' \leq f_{cm} b h \left[h'_0 - \frac{h}{2} \right] + f_y A_s (h'_0 - a_s) - (\sigma_{p0} - f_{py}) A_p (h'_0 - a_p) \quad (5.1.13-6)$$

式中 e' ——轴向力作用点至受压区普通钢筋和预应力钢筋的合力点之间的距离,此时,轴向力作用点靠近截面重心;在计算中不考虑偏心距增大系数,初始偏心距取 $e'_i = e_0 - e_a$ 。

矩形截面对称配筋的钢筋轻骨料混凝土小偏心受压构件,也可按下列近似公式计算钢筋截面面积:

$$A'_s = A_s = \frac{Ne - \xi(1 - 0.5\xi)f_{cm}bh_0^2}{f_y(h_0 - a'_s)} \quad (5.1.13-7)$$

此处,相对受压区高度可按下列公式计算:

$$\xi = \frac{N - \xi_b f_{cm} b h_0}{\frac{Ne - 0.43 f_{cm} b h_0^2}{(0.75 - \xi_b)(h_0 - a'_s)} + f_{cm} b h_0} + \xi_b \quad (5.1.13-8)$$

5.1.14 T形截面偏心受压构件,当翼缘位于截面的较大受压边缘时,翼缘计算宽度 b'_f 应按本规程第 5.1.7 条的规定确定,其正截面受压承载力应按下列规定计算:

(1)当受压区高度 $x \leq h'_f$ 时,应按照宽度为 b'_f 的矩形截面计算;

(2)当受压区高度 $x > h'_f$ 时,则应考虑腹板的受压作用,按下列公式计算(图 5.1.14):

$$N \leq f_{cm} [bx + (b'_f - b)h'_f] + f_y A'_s - \sigma_s A_s$$

$$-(\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p - \sigma_p A_p \quad (5.1.14-1)$$

$$Ne \leq f_{cm} \left[bx \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) \right] + f'_y A'_s (h'_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.14-2)$$

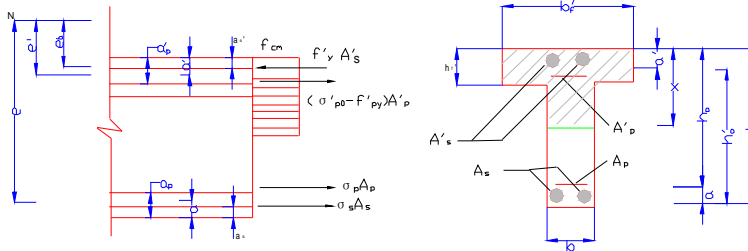


图 5.1.14 T形截面偏心受压构件的正截面受压承载力计算

受拉边或受压较小边的普通钢筋和预应力钢筋应力 σ_s 、 σ_p 以及是否考虑普通受压钢筋的作用,均应按本规程第 5.1.13 条有关规定进行计算;倒 T 形和 I 形截面的构件,当翼缘位于截面受拉边或受压较小边且 $x > h - h'_f$ 时,其正截面受压承载力计算应考虑翼缘受压部分的作用。

对翼缘位于截面受拉边或受压较小边的小偏心受压构件,尚应按下列公式进行验算:

$$Ne' \leq f_{cm} \left[bh \left(h'_0 - \frac{h}{2} \right) + (b'_f - b) h'_f \left(h'_0 - \frac{h'_f}{2} \right) \right] + f'_y A'_s (h'_0 - a_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A_p (h'_0 - a_p) \quad (5.1.14-3)$$

5.1.15 沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的矩形、T 形或 I 形截面钢筋轻骨料混凝土偏心受压构件(图 5.1.15),其正截面受压承载力可按下列近似公式计算:

$$N \leq f_{cm} [\xi b h_0 + (b'_f - b) h'_f] + f'_y A'_s - \sigma_s A_s + N_{sw} \quad (5.1.15-1)$$

$$Ne \leq f_{cm} \left[\xi(1-0.5\xi)bh_0^2 + (b'_f - b)h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) \right] + f_y A'_s (h_0 - a'_s) + M_{sw} \quad (5.1.15-2)$$

$$N_{sw} = \left[1 + \frac{\xi - 0.75}{0.375w} \right] f_{yw} A_{sw} \quad (5.1.15-3)$$

$$M_{sw} = \left[0.5 - \left(\frac{\xi - 0.75}{0.75w} \right)^2 \right] f_{yw} A_{sw} h_{sw} \quad (5.1.15-4)$$

式中 A_{sw} ——沿截面腹部均匀配置的全部纵向钢筋截面面积；
 f_{yw} ——沿截面腹部均匀配置的纵向钢筋强度设计值；
 N_{sw} ——沿截面腹部均匀配置的纵向钢筋所承担的轴向力；
 当 $\xi > 0.75$ 时，取 $N_{sw} = f_{yw} A_{sw}$ ；
 M_{sw} ——沿截面腹部均匀配置的纵向钢筋的内力对 A 重心的力矩；当 $\xi > 0.75$ 时， $M_{sw} = 0.5 f_{yw} A_{sw} h_{sw}$ ；
 w ——均匀配置纵向钢筋区段的高度 h_{sw} 与截面有效高度 h_0 的比值， $w = h_{sw} / h_0$ ，宜选取 $h_{sw} = h_0 - a'_s$ 。

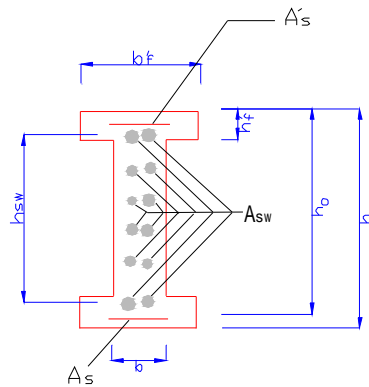


图 5.1.15 沿截面腹部均匀配筋的 I 形截面

受拉边或受压较小边钢筋 A_s 中的应力 σ_s 以及在计算中是否考虑受压钢筋和受压较小边翼缘受压部分的作用，应按本规程第 5.1.13 条和第 5.1.14 条的有关规定确定。

注：本条适用于沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的数量每排不少于 4 根的

矩形、T形或I形截面。

5.1.16 偏心受压构件除应计算弯矩作用平面的受压承载力以外,尚应按轴心受压构件验算垂直于弯矩作用平面的受压承载力。此时,可不考虑弯矩的作用,但应考虑稳定系数 φ 的影响。

5.1.17 对截面具有两个互相垂直的对称轴的钢筋轻骨料混凝土双向偏心受压构件,其正截面受压承载力计算可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

5.1.18 轴心受拉构件的正截面受拉承载力应按下列公式计算:

$$N \leq f_y A_s + f_{py} A_p \quad (5.1.18)$$

式中 A_s ——普通钢筋的全部截面面积;

A_p ——预应力钢筋的全部截面面积。

5.1.19 矩形截面偏心受拉构件,其正截面受拉承载力应按下列规定计算:

(1)小偏心受拉构件 当轴向力作用在钢筋 A_s 与 A_p 的合力点及 A'_s 与 A'_p 的合力点之间时(图 5.1.19 a),按下列公式计算:

$$Ne \leq f_y A'_s (h_0 - a'_s) + f_{py} A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.19-1)$$

及

$$Ne' \leq f_y A_s (h'_0 - a_s) + f_{py} A_p (h'_0 - a_p) \quad (5.1.19-2)$$

(2)大偏心受拉构件 当轴向力不作用在钢筋 A_s 与 A_p 的合力点及 A'_s 与 A'_p 的合力点之间时(图 5.1.19 b),按下列公式计算:

$$N \leq f_y A_s + f_{py} A_p - f_y A'_s + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p - f_{cm} bx \quad (5.1.19-3)$$

$$Ne \leq f_{cm} bx \left[h_0 - \frac{x}{2} \right] + f_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (5.1.19-4)$$

此时,轻骨料混凝土受压区的高度应符合 $x \leq \xi_b h_0$ 的要求,如计算中考虑普通受压钢筋时,则尚应符合 $x \geq 2a'$ 的条件。

当 $x < 2a'$ 时,可按公式(5.1.19-2)计算。

(3)对称配筋的矩形截面偏心受拉构件,不论大、小偏心受

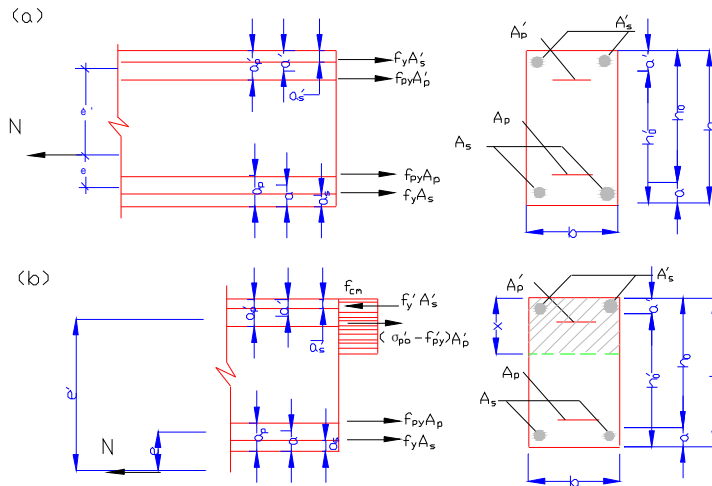


图 5.1.19 矩形截面偏心受拉构件的正截面受拉承载力计算

(a)小偏心受拉构件;(b)大偏心受拉构件

拉情况,均按公式(5.1.19-2)计算。

5.1.20 沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的矩形、T形或I形截面钢筋轻骨料混凝土偏心受拉构件,以及对称配筋的矩形截面钢筋轻骨料混凝土双向偏心受拉构件,其正截面受拉承载力的计算可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10的有关规定。

5.2 斜截面承载力计算

5.2.1 矩形、T形和I形截面的钢筋轻骨料混凝土受弯构件,其受剪截面应符合下列条件:

$$\text{当 } \frac{h_w}{b} \leq 4 \text{ 时}$$

$$V \leq 0.21 f_c b h_0 \quad (5.2.1-1)$$

$$\text{当 } \frac{h_w}{b} \geq 6 \text{ 时}$$

$$V \leq 0.18 f_c b h_0 \quad (5.2.1-2)$$

当 $4 < \frac{h_w}{b} < 6$ 时,按直线内插法取用。

式中 V ——剪力设计值;

b ——矩形截面的宽度,T形截面或I形截面的腹板宽度;

h_w ——截面的腹板高度;矩形截面取有效高度 h_0 ,T形截面取有效高度减去翼缘高度,I形截面取腹板净高。

5.2.2 在计算斜截面的受剪承载力时,其计算位置应按下列规定采用:

- (1) 支座边缘处的截面(图 5.2.2 a、b 截面 1-1);
- (2) 受拉区弯起钢筋弯起点处的截面(图 5.2.2 a 截面 2-2、3-3);
- (3) 箍筋截面面积或间距改变处的截面(图 5.2.2 b 截面 4-4);
- (4) 腹板宽度改变处的截面。

注:1. 对受拉边倾斜的受弯构件,尚应包括梁的高度开始变化处、集中荷载作用处和其他不利的截面;
2. 箍筋的间距以及弯起钢筋前一排(对支座而言)的弯起点至最后一排的弯终点之间的距离,应符合本规程第 8.2.5 条和第 8.2.7 条的构造要求。

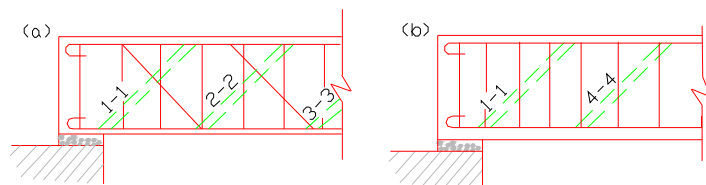


图 5.2.2 斜截面受剪承载力的计算位置

(a) 弯起钢筋;(b) 箍筋

1-1—支座边缘处的斜截面;2-2、3-3—受拉区弯起钢筋弯起点的斜截面;4-4—箍筋截面面积或间距改变处的斜截面

5.2.3 矩形、T形和I形截面的一般受弯构件,当仅配有箍筋时,其斜截面的受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq V_{cs} + V_p \quad (5.2.3-1)$$

$$V_{cs} = 0.06 f_c b h_0 + 1.5 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.2.3-2)$$

$$V_p = 0.04 N_{p0} \quad (5.2.3-3)$$

- 式中 V ——构件斜截面上的最大剪力设计值；
 V_{cs} ——构件斜截面上轻骨料混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；
 V_p ——由预应力所提高的构件的受剪承载力设计值；
 A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积， $A_{sv} = n A_{svi}$ ，此处， n 为在同一个截面内箍筋的肢数， A_{svi} 为单肢箍筋的截面面积；
 s ——沿构件长度方向上箍筋的间距；
 f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值，按表 3.2.3-1、表 3.2.3-2 采用，但取值不应大于 310N/mm^2 ；
 N_{p0} ——计算截面上轻骨料混凝土法向预应力为零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力，按本规程第 4.2.14 条计算；当 $N_{p0} > 0.3 f_c A_0$ 时，取 $N_{p0} = 0.3 f_c A_0$ 。

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁(包括作用有多种荷载，且其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 75% 以上的情况)，当按公式 (5.2.3-1) 计算时，应将公式 (5.2.3-2) 改为下列公式：

$$V_{cs} = \frac{0.175}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.2.3-4)$$

- 式中 λ ——计算截面的剪跨比，可取 $\lambda = a / h_0$ ， a 为计算截面至支座截面或节点边缘的距离，计算截面取集中荷载作用点处的截面；当 $\lambda < 1.4$ 时，取 $\lambda = 1.4$ ，当 $\lambda > 3$ 时，取 $\lambda = 3$ ；计算截面至支座之间的箍筋，应均匀配置。

注：1. 当轻骨料混凝土法向预应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力 N_{p0} 引起的截面弯矩与外弯矩方向相同的情况，以及预应力轻骨料混凝土连续梁和允许出现裂缝的预应力轻骨料混凝土

土筒支梁,均取 $V_p=0$;

2. 对采用刻痕钢丝、钢绞线及冷拔低碳钢丝配筋的先张法预应力轻骨料混凝土梁,在计算预应力钢筋及非预应力钢筋的合力 N_{p0} 时,应按本规程第 6.1.5 条的规定考虑预应力钢筋传递长度的影响。

5.2.4 矩形、T 形和 I 形截面的受弯构件,当配有箍筋和弯起钢筋时,其斜截面的受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq V_{cs} + V_p + 0.8f_y A_{sb} \sin \alpha_s + 0.8f_{py} A_{pb} \sin \alpha_p \quad (5.2.4)$$

式中 V ——在配置弯起钢筋处的剪力设计值,按本规程第 5.2.5 条的规定采用;

V_p ——由预应力所提高的构件的受剪承载力设计值,按本规程第 5.2.3 条的规定计算,但计算 N_{p0} 时不考虑预应力弯起钢筋的作用;

A_{sb} ——同一弯起平面内的非预应力弯起钢筋的截面面积;

A_{pb} ——同一弯起平面内的预应力弯起钢筋的截面面积;

α_s ——斜截面上非预应力弯起钢筋的切线与构件纵向轴线的夹角;

α_p ——斜截面上预应力弯起钢筋的切线与构件纵向轴线的夹角。

5.2.5 计算弯起钢筋时,其剪力设计值可按下列规定采用(图 5.2.2 a):

5.2.5.1 当计算第一排(对支座而言)弯起钢筋时,取用支座边缘处的剪力值。

5.2.5.2 当计算以后的每一排弯起钢筋时,取用前一排(对支座而言)弯起钢筋弯起点处的剪力值。

5.2.6 符合下列要求的构件均可不进行斜截面的受剪承载力计算,而仅需根据本规程第 8.2.6 条至第 8.2.8 条的规定,按构造要求配置箍筋:

5.2.6.1 矩形、T 形和 I 形截面的一般受弯构件,当符合下列公式要求时:

$$V \leq 0.06 f_c b h_0 + 0.04 N_{p0} \quad (5.2.6-1)$$

5.2.6.2 符合本规程第 5.2.3 条规定的集中荷载作用下矩形截面独立梁,当符合下列公式要求时:

$$V \leq \frac{0.175}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 0.04 N_{p0} \quad (5.2.6-2)$$

5.2.7 受拉边倾斜的矩形、T 形和 I 形截面的受弯构件,其斜截面受剪承载力可按下列公式计算(图 5.2.7):

$$V \leq V_{cs} + V_{sp} + 0.8 f_y A_{sb} \sin \alpha_s \quad (5.2.7-1)$$

$$V_{sp} = \frac{M - 0.8 (\sum f_{yv} A_{sv} z_{sv} + \sum f_y A_{sb} z_{sb})}{z + c \tan \beta} \tan \beta \quad (5.2.7-2)$$

- 式中 V ——构件斜截面上的最大剪力设计值;
 M ——构件斜截面受压区末端的弯矩设计值;
 V_{cs} ——构件斜截面上轻骨料混凝土和箍筋的受剪承载力设计值,按公式(5.2.3-2)或(5.2.3-4)计算,其中, h_0 取斜截面受拉区始端的垂直截面有效高度;
 V_{sp} ——构件截面上受拉边倾斜的非预应力和预应力纵向受拉钢筋合力的设计值在垂直方向的投影:对钢筋轻骨料混凝土受弯构件,其值不应大于 $f_y A_s \sin \beta$;对预应力轻骨料混凝土受弯构件,其值不应大于 $(f_{py} A_p + f_y A_s) \sin \beta$ 和不应小于 $\sigma_{pe} A_p \sin \beta$;
 z_{sv} ——同一截面内箍筋的合力至斜截面受压区合力点的距离;
 z_{sb} ——同一弯起平面内的弯起钢筋的合力至斜截面受压区合力点的距离;
 z ——斜截面受拉区始端处纵向受拉钢筋合力的水平分力至斜截面受压区合力点的距离,可近似取 $z = 0.9 h_0$;
 β ——斜截面受拉区始端处倾斜的纵向受拉钢筋的倾角;
 c ——斜截面的水平投影长度,可近似取 $c = h_0$ 。

注:在梁截面高度开始变化处,斜截面的受剪承载力应按等截面高度梁

和变截面高度梁的有关公式分别计算,并按其中不利者配置箍筋和弯起钢筋。

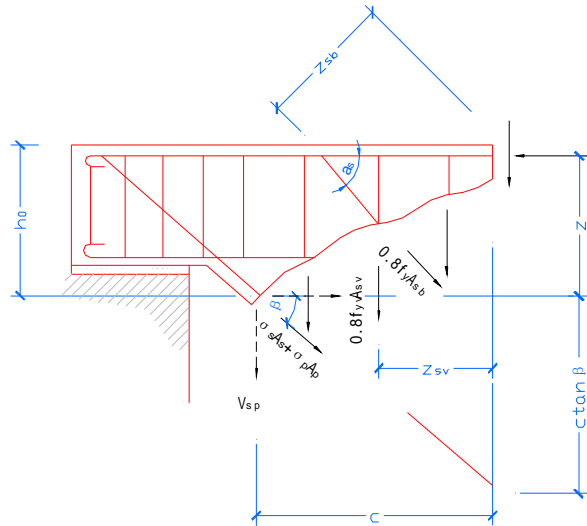


图 5.2.7 受拉边倾斜的受弯构件斜截面受剪承载力计算

5.2.8 受弯构件斜截面的受弯承载力应按下列公式计算(图 5.2.8):

$$M \leq (f_y A_s + f_{py} A_p) z + \sum f_y A_{sb} z_{sb} + \sum f_{py} A_{pb} z_{pb} + \sum f_{yv} A_{sv} z_{sv} \quad (5.2.8-1)$$

此时,斜截面的水平投影长度 c 可按下列条件确定:

$$V = \sum f_y A_{sb} \sin \alpha_s + \sum f_{py} A_{pb} \sin \alpha_p + \sum f_{yv} A_{sv} \quad (5.2.8-2)$$

式中 V ——斜截面受压区末端的剪力设计值;

z ——非预应力和预应力纵向受拉钢筋的合力点至受压区合力点的距离,可近似取 $z=0.9 h_0$;

z_{sb} ——同一弯起平面内的非预应力弯起钢筋合力点至斜截面受压区合力点的距离;

z_{pb} ——同一弯起平面内的预应力弯起钢筋合力点至斜截面受压区合力点的距离。

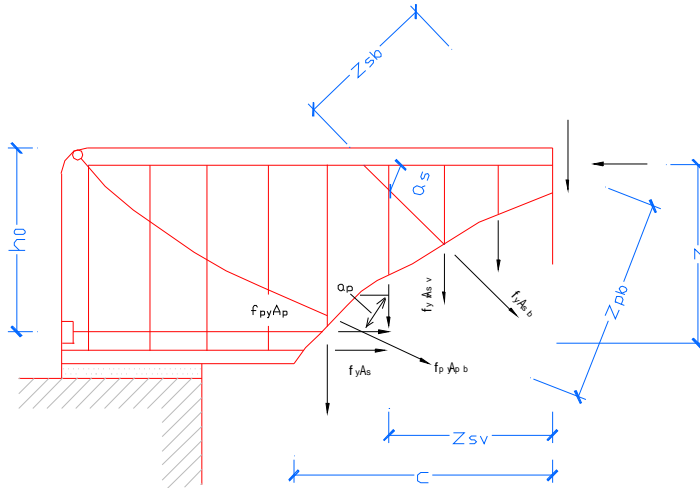


图 5.2.8 受弯构件斜截面受弯承载力计算

5.2.9 受弯构件纵向钢筋和箍筋,当符合本规程第 7.1.3 条至第 7.1.5 条、第 8.2.2 条、第 8.2.5 条和第 8.2.7 条规定的构造要求时,可不进行斜截面的受弯承载力计算。

5.2.10 矩形截面的钢筋轻骨料混凝土偏心受压和偏心受拉构件,其受剪截面应符合下列条件:

$$V \leq 0.21 f_c b h_0 \quad (5.2.10)$$

式中 V ——剪力设计值。

5.2.11 矩形截面的钢筋轻骨料混凝土偏心受压构件,其斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq \frac{0.175}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.06 N \quad (5.2.11)$$

式中 λ ——偏心受压构件计算截面的剪跨比;

N ——与剪力设计值 V 相应的轴向压力设计值;当 $N > 0.3 f_c A$ 时,取 $N = 0.3 f_c A$; A 为构件的截面面积。

计算截面的剪跨比应按下列规定取用:

(1) 对框架柱,取 $\lambda = H_n / 2 h_0$; 当 $\lambda < 1$ 时,取 $\lambda = 1$; 当 $\lambda > 3$

时,取 $\lambda=3$;此处, H_n 为柱净高;

(2)对其他偏心受压构件,当承受均布荷载时,取 $\lambda=1.4$;当承受集中荷载时(包括作用有多种荷载、且集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的75%以上的情况),取 $\lambda=a/h_0$;当 $\lambda<1.4$ 时,取 $\lambda=1.4$;当 $\lambda>3$ 时,取 $\lambda=3$;此处, a 为集中荷载至支座或节点边缘的距离。

5.2.12 矩形截面的钢筋轻骨料混凝土偏心受压构件,当符合下列公式要求时:

$$V \leq \frac{0.175}{\lambda+1.5} f_c b h_0 + 0.06 N \quad (5.2.12)$$

则可不进行斜截面受剪承载力计算,而仅需根据本规程第8.3.3条的规定按构造要求配置箍筋;剪跨比和轴向力设计值应按本规程第5.2.11条的规定取用。

5.2.13 矩形截面的钢筋轻骨料混凝土偏心受拉构件,其斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq \frac{0.175}{\lambda+1.5} f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 - 0.2 N \quad (5.2.13)$$

式中 N ——与剪力设计值 V 相应的轴向拉力设计值;

λ ——计算截面的剪跨比,取 $\lambda=a/h_0$, a 为集中荷载至支座或节点边缘的距离;当 $\lambda<1.4$ 时,取 $\lambda=1.4$;当 $\lambda>3$ 时,取 $\lambda=3$ 。

当公式(5.2.13)右边的计算值小于 $1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ 时,应取等于

$1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$,且 $f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ 值不得小于 $0.03 f_c b h_0$ 。

5.3 扭曲截面承载力计算

5.3.1 在弯矩、剪力和扭矩共同作用下的矩形、T形和I形截面钢筋轻骨料混凝土构件(图5.3.1),当 $\frac{h_w}{b} < 6$ 时,其截面应符合下列公式的要求:

$$\frac{V}{bh_0} + \frac{T}{W_t} \leq 0.21f_c \quad (5.3.1-1)$$

当符合下列条件时：
$$\frac{V}{bh_0} + \frac{T}{W_t} \leq 0.6f_t \quad (5.3.1-2)$$

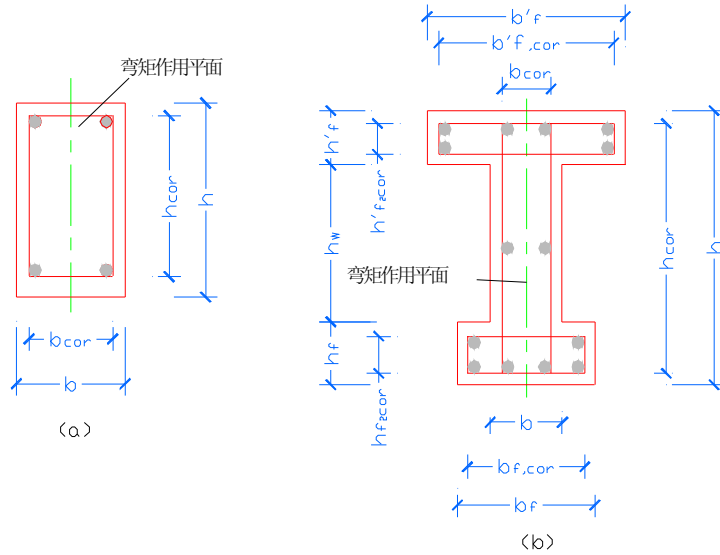


图 5.3.1 钢筋轻骨料混凝土受扭构件截面尺寸
(a) 矩形截面 ($h > b$); (b) T 形和 I 形截面

则可不进行构件受剪扭承载力计算, 而仅需根据本规程第 8.2.9 条的规定, 按构造要求配置钢筋。

式中 T ——扭矩设计值;

b ——矩形截面的宽度, T 形或 I 形截面的腹板宽度; 在受扭计算中, 应取矩形截面的短边尺寸;

h ——截面高度; 在受扭计算中, 应取矩形截面的长边尺寸;

W_t ——受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩, 可按本规程第 5.3.2 条的规定计算。

注：当 $\frac{h_w}{b} \geq 6$ 时，钢筋轻骨料混凝土构件的扭曲截面承载力计算应符合专门规定。

5.3.2 受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩，可按下列规定计算：

5.3.2.1 矩形截面

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h - b) \quad (5.3.2-1)$$

5.3.2.2 T形和I形截面

$$W_t = W_{tw} + W'_{tf} + W_{tf} \quad (5.3.2-2)$$

对腹板、受压翼缘及受拉翼缘部分的矩形截面受扭塑性抵抗矩可分别按下列规定计算：

(1)腹板

$$W_{tw} = \frac{b^2}{6}(3h - b) \quad (5.3.2-3)$$

(2)受压及受拉翼缘

$$W'_{tf} = \frac{h_f'^2}{2}(b_f' - b) \quad (5.3.2-4)$$

$$W_{tf} = \frac{h_f^2}{2}(b_f - b) \quad (5.3.2-5)$$

式中 b_f' ——截面受压区的翼缘宽度；

b_f ——截面受拉区的翼缘宽度；

h_f' ——截面受压区的翼缘高度；

h_f ——截面受拉区的翼缘高度。

计算时取用的翼缘宽度尚应符合 $b_f' \leq b + 6h_f'$ 及 $b_f \leq b + 6h_f$ 的规定。

5.3.3 矩形截面纯扭构件的受扭承载力应按下列公式计算：

$$T \leq 0.35f_t W_t + 1.05\sqrt{\xi} \frac{f_{yv} A_{stl} A_{cor}}{s} + 0.04 \frac{N_{p0}}{A_0} W_t \quad (5.3.3-1)$$

$$\xi = \frac{(f_y A_{stl} + f_{py} A_{ptl}) s}{f_{yv} A_{stl} u_{cor}} \quad (5.3.3-2)$$

此处，对钢筋轻骨料混凝土纯扭构件，其 ξ 值尚应符合 $0.6 \leq$

$\zeta \leq 1.7$ 的要求。当 $\zeta > 1.7$ 时,取 $\zeta = 1.7$;对预应力轻骨料混凝土纯扭构件,仅适用于偏心距 $e_{p0} \leq h/6$ 的情况,此时 ζ 值尚应符合 $2 \leq \zeta \leq 4$ 的要求,当 $\zeta > 4$ 时,取 $\zeta = 4$ 。

式中 ζ ——受扭构件纵向钢筋与箍筋的配筋强度比值;

A_{st} ——受扭计算中取对称布置的全部纵向非预应力钢筋截面面积;

A_{pt} ——受扭计算中取对称布置的全部纵向预应力钢筋截面面积;

A_{st1} ——受扭计算中沿截面周边所配置箍筋的单肢截面面积;

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值,按本规程表 3.2.3-1、表 3.2.3-2 采用,但取值不应大于 $310\text{N}/\text{mm}^2$;

A_{cor} ——截面核芯部分的面积, $A_{cor} = b_{cor} h_{cor}$,此处, b_{cor} 和 h_{cor} 分别为从箍筋内表面计算的截面核芯部分的短边和长边的尺寸;

u_{cor} ——截面核芯部分的周长, $u_{cor} = 2(b_{cor} + h_{cor})$;

N_{p0} ——计算截面上的轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋及非预应力钢筋的合力,按本规程第 4.2.14 条计算;当 $N_{p0} > 0.3f_c A_0$ 时,取 $N_{p0} = 0.3f_c A_0$;

A_0 ——构件的换算截面面积。

注:对预应力轻骨料混凝土纯扭构件,当 $\zeta < 2$ 或 $e_{p0} > h/6$ 时,应按钢筋轻骨料混凝土纯扭构件计算。

5.3.4 T形和I形截面纯扭构件,可将其截面划分为几个矩形截面,分别按本规程第 5.3.3 条进行受扭承载力计算。

每个矩形截面的扭矩设计值可按下列规定计算:

(1)腹板

$$T_w = \frac{W_{tw}}{W_t} T \quad (5.3.4-1)$$

(2)受压翼缘

$$T'_f = \frac{W'_{tf}}{W_t} T \quad (5.3.4-2)$$

(3)受拉翼缘

$$T_f = \frac{W_w}{W_t} T \quad (5.3.4-3)$$

式中 T_w ——腹板所承受的扭矩设计值；
 T ——T形和I形截面所承受的扭矩设计值；
 T'_f ——受压翼缘所承受的扭矩设计值；
 T_f ——受拉翼缘所承受的扭矩设计值。

5.3.5 在轴向压力和扭矩共同作用下矩形截面钢筋轻骨料混凝土构件的受扭承载力应按下列公式计算：

$$T \leq 0.35 f_t W_t + 1.05 \sqrt{\xi} \frac{f_{yv} A_{stl} A_{cor}}{s} + 0.06 \frac{N}{A} W_t \quad (5.3.5-1)$$

此时， ξ 值应按公式(5.3.3-2)计算，且应符合 $\frac{N}{A} \leq 0.5 f_c$ 及 $0.6 < \xi \leq 1.7$ 的要求，当 $\xi > 1.7$ 时，取 $\xi = 1.7$ 。

式中 N ——轴向压力设计值；
 A ——构件截面面积。

5.3.6 在剪力和扭矩共同作用下的矩形截面钢筋轻骨料混凝土一般剪扭构件，其受剪扭承载力应按下列公式计算：

(1)剪扭构件的受剪承载力

$$V \leq 0.06(1.5 - \beta_t) f_c b h_0 + 1.5 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.3.6-1)$$

(2)剪扭构件的受扭承载力

$$T \leq 0.35 \beta_t f_t W_t + 1.05 \sqrt{\xi} \frac{f_{yv} A_{stl} A_{cor}}{s} \quad (5.3.6-2)$$

此处， ξ 值应按本规程第5.3.3条的规定计算。

剪扭构件轻骨料混凝土受扭承载力降低系数 β_t 应按下列公式计算：

$$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.5 \frac{V W_t}{T b h_0}} \quad (5.3.6-3)$$

当 $\beta_t < 0.5$ 时,取 $\beta_t = 0.5$;当 $\beta_t > 1$ 时,取 $\beta_t = 1$ 。

式中 A_{sv} ——受剪承载力所需的箍筋截面面积。

对集中荷载作用下的矩形截面钢筋轻骨料混凝土剪扭构件(包括作用有多种荷载,且其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 75% 以上的情况),公式(5.3.6-1)应改为:

$$V \leq \frac{0.175}{\lambda + 1.5} (1.5 - \beta_t) f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.3.6-4)$$

且公式(5.3.6-2)和公式(5.3.6-4)中的剪扭构件轻骨料混凝土受扭承载力降低系数应改按下列公式计算:

$$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.17(\lambda + 1.5) \frac{VW_t}{Tbh_0}} \quad (5.3.6-5)$$

式中 λ ——计算截面的剪跨比,按本规程第 5.2.3 条的规定取用。

5.3.7 T形和 I形截面钢筋轻骨料混凝土剪扭构件的受剪扭承载力应按下列规定计算:

5.3.7.1 剪扭构件的受剪承载力,按公式(5.3.6-1)或(5.3.6-4)计算,但计算时应将 T 及 W_t 分别以 T_w 及 W_{tw} 代替。

5.3.7.2 剪扭构件的受扭承载力,可根据本规程第 5.3.2 条的规定划分为几个矩形截面分别进行计算;腹板可按公式(5.3.6-2)与(5.3.6-3)或与公式(5.3.6-5)进行计算,但计算时应将 T 及 W_t 分别以 T_w 及 W_{tw} 代替;受压翼缘及受拉翼缘可按本规程第 5.3.3 条的规定计算,但计算时应将 T 及 W_t 分别以 T'_f 及 W'_f 或 T'_t 及 W'_t 代替。

5.3.8 在弯矩、剪力和扭矩共同作用下的矩形、T形及 I形截面钢筋轻骨料混凝土弯剪扭构件,当符合下列条件时,可按下列规定进行承载力计算:

5.3.8.1 当 $V \leq 0.03 f_c b h_0$ 或 $V \leq \frac{0.09}{\lambda + 1.5} f_c b h_0$ 时,可仅按受弯构

件的正截面受弯承载力和纯扭构件的受扭承载力分别进行计算。

5.3.8.2 当 $T \leq 0.175 f_t W_t$ 时, 可仅按受弯构件的正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力分别进行计算。

5.3.9 矩形、T形和I形截面钢筋轻骨料混凝土弯剪扭构件, 纵向钢筋应按受弯构件的正截面受弯承载力和剪扭构件的受扭承载力分别按所需的钢筋截面面积进行配置; 箍筋应按剪扭构件的受剪承载力和受扭承载力分别按所需的箍筋截面面积进行配置。

5.4 受冲切承载力计算

5.4.1 在局部荷载或集中反力作用下不配置箍筋或弯起钢筋的钢筋轻骨料混凝土板, 其受冲切承载力可按下列公式计算(图 5.4.1):

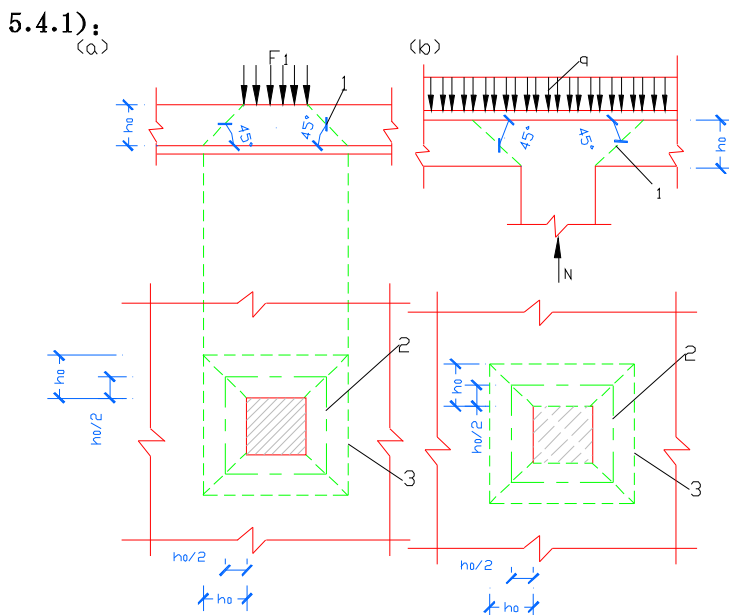


图 5.4.1 板受冲切承载力计算

(a)局部荷载设计值作用下;(b)集中反力设计值作用下

1—冲切破坏锥体的斜截面;2—距荷载面积周边 $h_0/2$

处的周长;3—冲切破坏锥体的底面线

$$F_i \leq 0.6 f_t u_m h_0 \quad (5.4.1)$$

式中 F_i ——局部荷载设计值或集中反力设计值(当计算无梁楼盖柱帽处的受冲切承载力时,取柱所承受的轴向力设计值减去柱顶冲切破坏锥体范围内的荷载设计值);

u_m ——距局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处的周长。

5.4.2 在局部荷载或集中反力作用下,当受冲切承载力不满足公式(5.4.1)的要求且板厚受到限制时,可配置箍筋或弯起钢筋,此时,受冲切截面应符合下列条件:

$$F_i \leq 0.9 f_t u_m h_0 \quad (5.4.2-1)$$

配置箍筋或弯起钢筋的钢筋轻骨料混凝土板的受冲切承载力,可按下列公式计算:

(1)当配置箍筋时

$$F_i \leq 0.3 f_t u_m h_0 + 0.8 f_{yv} A_{svu} \quad (5.4.2-2)$$

(2)当配置弯起钢筋时

$$F_i \leq 0.3 f_t u_m h_0 + 0.8 f_y A_{sbu} \sin \alpha \quad (5.4.2-3)$$

式中 A_{svu} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部箍筋截面面积;

A_{sbu} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部弯起钢筋截面面积;

α ——弯起钢筋与板底面的夹角。

钢筋轻骨料混凝土板中配置受冲切的箍筋或弯起钢筋,应符合本规程第 8.1.6 条的构造规定。

对配置受冲切的箍筋或弯起钢筋的冲切破坏锥体以外的截面,尚应按本规程第 5.4.1 条的要求进行受冲切承载力验算,此时,取冲切破坏锥体以外 $0.5 h_0$ 处的最不利周长。

5.4.3 对矩形截面柱的矩形基础,在柱与基础交接处以及基础变阶处的受冲切承载力可按下列公式计算(图 5.4.3):

$$F_i \leq 0.6 f_t b_m h_0 \quad (5.4.3-1)$$

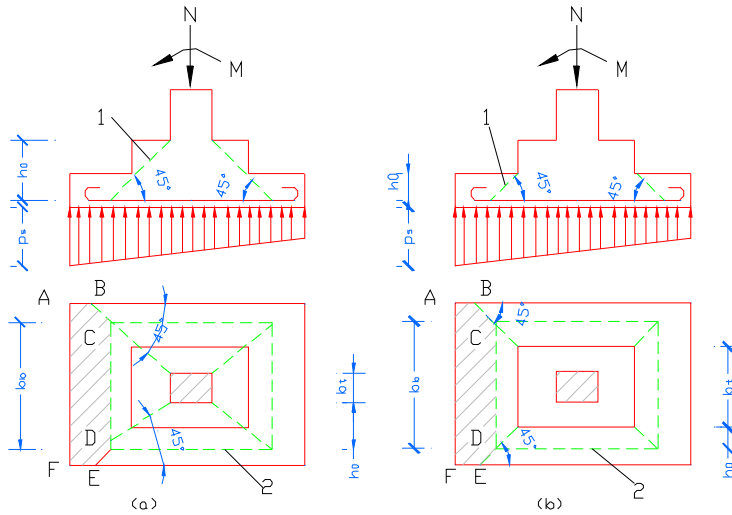


图 5.4.3 计算阶形基础的受冲切承载力截面位置

(a)柱与基础交接处;(b)基础变阶处

1—冲切破坏锥体最不利一侧的斜截面;

2—冲切破坏锥体的底面线

$$F_l = P_s A \quad (5.4.3-2)$$

$$b_m = \frac{b_t + b_b}{2} \quad (5.4.3-3)$$

式中 b_t ——冲切破坏锥体最不利一侧斜截面的上边长:当计算柱与基础交接处的受冲切承载力时,取柱宽;当计算基础变阶处的受冲切承载力时,取上阶宽;

b_b ——冲切破坏锥体最不利一侧斜截面的下边长:当计算柱与基础交接处的受冲切承载力时,取柱宽加两倍基础有效高度;当计算基础变阶处的受冲切承载力时,取上阶宽加两倍该处的基础有效高度;

h_0 ——基础冲切破坏锥体的有效高度;

A ——考虑冲切荷载时取用的多边形面积(图 5.4.3 中的

阴影面积 $ABCDEF$);

P_s ——在荷载设计值作用下基础底面单位面积上的土反力(可扣除基础自重及其上的土重),当为偏心荷载时可取用最大的单位反力。

5.5 局部受压承载力计算

5.5.1 配置间接钢筋的轻骨料混凝土构件,其局部受压区的截面尺寸要求及局部受压时的强度提高系数应与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定相同。

5.5.2 对于配置方格网式或螺旋式间接钢筋的轻骨料混凝土构件,其局部受压承载力计算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

6 正常使用极限状态验算

6.1 抗裂验算

6.1.1 预应力轻骨料混凝土构件应分别按下列规定进行正截面抗裂验算：

(1)严格要求不出现裂缝的构件

在荷载的短期效应组合下应符合下列要求：

$$\sigma_{sc} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (6.1.1-1)$$

(2)一般要求不出现裂缝的构件

在荷载的短期效应组合下应符合下列要求：

$$\sigma_{sc} - \sigma_{pc} \leq \alpha_{ct} \gamma f_{tk} \quad (6.1.1-2)$$

在荷载的长期效应组合下应符合下列要求：

$$\sigma_{lc} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (6.1.1-3)$$

式中 σ_{sc} ——荷载短期效应组合下抗裂验算边缘轻骨料混凝土法向应力；
 σ_{lc} ——荷载长期效应组合下抗裂验算边缘轻骨料混凝土法向应力；
 σ_{pc} ——扣除全部预应力损失后在抗裂验算边缘轻骨料混凝土的预压应力，按公式(4.2.4-1)和(4.2.4-4)计算；
 α_{ct} ——轻骨料混凝土拉应力限制系数，按表 4.1.7 的规定取用；
 γ ——受拉区轻骨料混凝土塑性影响系数，对轴心受拉构件，取 $\gamma=1.0$ ；对受弯构件应按本规程附录 D 的规定取用；
 f_{tk} ——轻骨料混凝土的抗拉强度标准值，按表 3.1.4 取用。

注：对受弯构件，在施工阶段预拉区出现裂缝的区段，公式(6.1.1-1)至(6.1.1-3)中的 σ_{pc} 和 $\alpha_{ct} \gamma f_{tk}$ 均应乘以系数 0.9。

6.1.2 在荷载的短期效应组合及长期效应组合下的抗裂验算边缘的轻骨料混凝土法向应力应按下列公式计算：

(1)轴心受拉构件

$$\sigma_{sc} = \frac{N_s}{A_0} \quad (6.1.2-1)$$

$$\sigma_{ic} = \frac{N_l}{A_0} \quad (6.1.2-2)$$

(2)受弯构件

$$\sigma_{sc} = \frac{M_s}{W_0} \quad (6.1.2-3)$$

$$\sigma_{ic} = \frac{M_l}{W_0} \quad (6.1.2-4)$$

(3)偏心受拉构件

$$\sigma_{sc} = \frac{M_s}{W_0} + \frac{N_s}{A_0} \quad (6.1.2-5)$$

$$\sigma_{ic} = \frac{M_l}{W_0} + \frac{N_l}{A_0} \quad (6.1.2-6)$$

式中 N_s ——按荷载短期效应组合计算的轴向力值；

M_s ——按荷载短期效应组合计算的弯矩值；

N_l ——按荷载长期效应组合计算的轴向力值；

M_l ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值；

A_0 ——构件换算截面面积；

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。

6.1.3 预应力轻骨料混凝土受弯构件应分别按下列规定进行斜截面抗裂验算：

(1)轻骨料混凝土主拉应力

对严格要求不出现裂缝的构件,应符合下列要求：

$$\sigma_{tp} \leq 0.85 f_{tk} \quad (6.1.3-1)$$

对一般要求不出现裂缝的构件,应符合下列要求：

$$\sigma_{tp} \leq 0.95 f_{tk} \quad (6.1.3-2)$$

(2)轻骨料混凝土主压应力

对严格要求和一般要求不出现裂缝的构件,均应符合下列要求:

$$\sigma_{cp} \leq 0.6 f_{ck} \quad (6.1.3-3)$$

式中 σ_{tp} ——轻骨料混凝土主拉应力;

σ_{cp} ——轻骨料混凝土主压应力。

计算轻骨料混凝土的主拉应力和主压应力时,应选择跨度内不利位置的截面,对该截面的换算截面重心处和截面宽度剧烈改变处进行验算。

6.1.4 轻骨料混凝土的主拉应力和主压应力应按下列公式计算:

$$\left. \begin{matrix} \sigma_{tp} \\ \sigma_{cp} \end{matrix} \right\} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2} + \tau^2} \quad (6.1.4-1)$$

$$\sigma_x = \sigma_{pc} + \frac{M_s y_0}{I_0} \quad (6.1.4-2)$$

$$\tau = \frac{(V_s - \sum \sigma_{pc} A_{pb} \sin \alpha_p) S_0}{I_0 b} \quad (6.1.4-3)$$

式中 σ_x ——由预应力和弯矩值 M_s 在计算纤维处产生的轻骨料混凝土法向应力;

τ ——由剪力值 V_s 和预应力弯起钢筋的预应力在计算纤维处产生的轻骨料混凝土剪应力,当计算截面上作用有扭矩时,尚应考虑扭矩引起的剪应力;

σ_{pc} ——扣除全部预应力损失后,在计算纤维处由预应力产生的轻骨料混凝土法向应力,按公式(4.2.4-1)或(4.2.4-4)计算;

y_0 ——换算截面重心至所计算纤维处的距离;

V_s ——按荷载短期效应组合计算的剪力值;

S_0 ——计算纤维以上部分的换算截面面积对构件换算截面重心的面积矩;

A_{pb} ——计算截面上同一弯起平面内的预应力弯起钢筋的截面面积;

α_p ——计算截面上预应力弯起钢筋的切线与构件纵向轴线的夹角。

注：公式(6.1.4-1)、(6.1.4-2)中的

σ_x 、 σ_{pe} 和 $\frac{M_s y_0}{I_0}$ ，

当为拉应力时，以正号代入，当为压应力时，以负号代入。

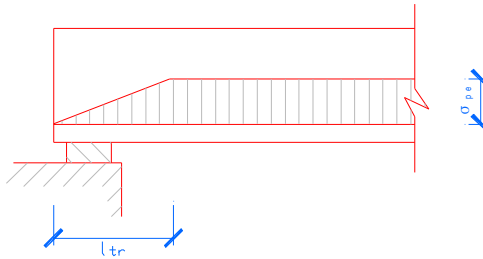


图 6.1.5 预应力钢筋的预应力传递长度范围内有效预应力值的变化

6.1.5 对先张法预应力轻骨料混凝土构件端部进行斜截面受剪

承载力计算以及正截面、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。预应力钢筋的实际预应力按线性规律增大，在构件端部为零，在其预应力传递长度的末端达到有效预应力值 σ_{pe} (图 6.1.5)，预应力钢筋的预应力传递长度 l_{tr} 应按表 6.1.5 取用。对采用冷拉 II 级、III 级钢筋和冷轧带肋钢筋的先张法构件，可不考虑预应力传递长度 l_{tr} 。

表 6.1.5 预应力钢筋的预应力传递长度 l_{tr} (mm)

钢筋种类	轻骨料混凝土强度等级		
	CL20	CL30	≥CL40
刻痕钢丝(φ5)	160d	105d	85d
钢绞线	七股	100d	85d
	三股	85d	70d
冷拔低碳钢丝	110d	90d	85d

- 注：1. 确定预应力传递长度 l_{tr} 时，表中轻骨料混凝土强度等级应按放张时的轻骨料混凝土立方体抗压强度确定；
2. 表中有效预应力 σ_{pe} ：刻痕钢丝 1070N/mm²，钢绞线 1260N/mm²，冷拔低碳钢丝 460N/mm²。当有效预应力值大于或小于此数值时，其预应力传递长度应根据表 6.1.5 的数值按比例增减；
3. 当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时， l_{tr} 的起点应从距构件末端 0.25 l_{tr} 处开始计算。

6.2 裂缝宽度验算

6.2.1 钢筋轻骨料混凝土构件和在使用阶段允许出现裂缝的预应力轻骨料混凝土构件,应验算裂缝宽度。按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响所求得的最大裂缝宽度 w_{\max} ,不应超过表 4.1.7 规定的允许值。

6.2.2 在矩形、T形、倒 T形和 I形截面的钢筋轻骨料混凝土受拉和受弯构件及预应力轻骨料混凝土轴心受拉和受弯构件中,考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应组合的影响,其最大裂缝宽度可按下列公式计算:

$$w_{\max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_{ss}}{E_s} \left[62 + 0.037 \frac{d}{\rho_{te}} \right] \alpha_m \quad (6.2.2-1)$$

裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ 可按下列公式计算:

$$\psi = 1 - 0.3 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{ss}} \quad (6.2.2-2)$$

式中 w_{\max} ——最大裂缝宽度(mm);

σ_{ss} ——按荷载短期效应组合计算的钢筋轻骨料混凝土构件纵向受拉钢筋的应力或预应力轻骨料混凝土构件纵向受拉钢筋的等效应力,按本规程第 6.2.3 条的规定计算;

d ——钢筋直径(mm);当用不同直径的钢筋时,公式

(6.2.2-1)中的 d 改用换算直径 $\frac{4(A_s + A_p)}{u}$,此处,

u 为纵向受拉钢筋截面总周长;

ρ_{te} ——按有效受拉轻骨料混凝土截面面积计算的纵向受拉

钢筋配筋率, $\rho_{te} = \frac{A_s + A_p}{A_{te}}$,此处, A_{te} 为有效受拉轻骨

料混凝土截面面积,对受弯及偏心受拉构件, $A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f$;对轴心受拉构件, $A_{te} = bh$;

α_{cr} ——与构件受力特征有关的系数:

对轴心受拉构件,取 $\alpha_{cr}=3.0$;

对偏心受拉构件,取 $\alpha_{cr}=2.7$;

对受弯构件,取 $\alpha_{cr}=2.3$;

α_m ——材料综合影响系数,按表 6.2.2 取用。

表 6.2.2 材料综合影响系数 α_m

轻骨料品种	钢筋品种	
	变形钢筋	光面钢筋
陶粒混凝土	0.90	1.00
自燃煤矸石及浮石混凝土	1.15	1.30

6.2.3 在荷载的短期效应组合下构件纵向受拉钢筋应力或等效应力可按下列公式计算:

6.2.3.1 钢筋轻骨料混凝土构件的纵向受拉钢筋应力

1. 轴心受拉

$$\sigma_{ss} = \frac{N_s}{A_s} \quad (6.2.3-1)$$

2. 偏心受拉

$$\sigma_{ss} = \frac{N_s e'}{A_s (h_0 - a'_s)} \quad (6.2.3-2)$$

3. 受弯

$$\sigma_{ss} = \frac{M_s}{\eta h_0 A_s} \quad (6.2.3-3)$$

内力臂系数 η 按下列公式计算:

$$\eta = 1.03 - 2\alpha_{cr}\rho \quad (6.2.3-4)$$

当 $\eta < 0.83$ 时,取 $\eta = 0.83$;当 $\eta > 1.0$ 时,取 $\eta = 1.0$ 。

式中 A_s ——受拉区纵向钢筋截面面积;对轴心受拉构件, A_s 取全部纵向钢筋截面面积;对偏心受拉构件, A_s 取受拉较大边的纵向钢筋截面面积;对受弯构件, A_s 取受拉区纵向钢筋截面面积;

e' ——轴向拉力作用点至受压区或受拉较小边纵向钢筋合力点的距离。

6.2.3.2 预应力轻骨料混凝土构件的纵向受拉钢筋等效应力

1. 轴心受拉

$$\sigma_{ss} = \frac{N_s - N_{p0}}{A_p + A_s} \quad (6.2.3-5)$$

2. 受弯

$$\sigma_{ss} = \frac{M_s - N_{p0}(z - e_p)}{(A_p + A_s)z} \quad (6.2.3-6)$$

$$z = \left[\eta - 0.12(1 - \gamma'_f) \left(\frac{h_0}{e} \right)^2 \right] h_0 \quad (6.2.3-7)$$

$$e = \frac{M_s}{N_{p0}} + e_p \quad (6.2.3-8)$$

式中 e_p ——轻骨料混凝土法向预应力等于零时全部纵向预应力和非预应力钢筋的合力 N_{p0} 的作用点至受拉区纵向预应力和非预应力钢筋合力点的距离；

γ'_f ——受压翼缘面积与腹板有效面积的比值； $\gamma'_f = \frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_0}$ ，其中， b'_f 、 h'_f 为受压区翼缘的宽度、高度，当 $h'_f > 0.2h_0$ 时，取 $h'_f = 0.2h_0$ 。

6.3 受弯构件挠度验算

6.3.1 钢筋轻骨料混凝土和预应力轻骨料混凝土受弯构件在正常使用极限状态下的挠度，可根据构件的刚度用结构力学的方法计算。

在等截面构件中，可假定各同号弯矩区段内的刚度相等，并取用该区段内最大弯矩处的刚度。

受弯构件的挠度应按荷载短期效应组合并考虑荷载长期效应组合影响的长期刚度 B_t 进行计算，所求得的挠度计算值不应超过表 4.1.5 规定的允许值。

6.3.2 矩形、T形、倒 T形和 I形截面的受弯构件，在荷载短期效应组合作用下的短期刚度 B_s 可按下列公式计算：

(1) 钢筋轻骨料混凝土受弯构件

$$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{\frac{\psi}{\eta} + 0.2 + \frac{4.5 \alpha_E \rho}{1 + 3.5 \gamma'_f}} \quad (6.3.2-1)$$

(2) 预应力轻骨料混凝土受弯构件

要求不出现裂缝的构件

$$B_s = 0.85 E_c I_0 \quad (6.3.2-2)$$

允许出现裂缝的构件

$$B_s = \frac{E_c I_0}{1.2 + \left[1 - \frac{M_{cr}}{M_s} \right] \left[\left(1.2 + \frac{0.25}{\alpha_E \rho} \right) (1 + 0.45 \gamma_f) - 2 \right]} \quad (6.3.2-3)$$

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}) W_0 \quad (6.3.2-4)$$

式中 η ——裂缝截面处内力臂系数,按公式(6.2.3-4)计算;
 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数,按公式(6.2.2-2)计算;
 α_E ——钢筋弹性模量与轻骨料混凝土弹性模量的比值;
 ρ ——纵向受拉钢筋配筋率:对钢筋轻骨料混凝土受弯构件,取 $\rho = \frac{A_s}{bh_0}$;对预应力轻骨料混凝土受弯构件,取

$$\rho = \frac{A_p + A_s}{bh_0};$$

M_{cr} ——预应力轻骨料混凝土受弯构件正截面的开裂弯矩值;
 σ_{pc} ——扣除全部预应力损失后在抗裂验算边缘的轻骨料混凝土预压应力;
 γ_f ——受拉翼缘面积与腹板有效面积的比值, $\gamma_f = \frac{(b_f - b) h_f}{bh_0}$,其中 b_f 、 h_f 为受拉区翼缘的宽度、高度。

- 注:1. 钢筋浮石混凝土受弯构件 B_s 按公式(6.3.2-1)计算后应乘以 0.9 折减系数;
 2. 对预压时预拉区出现裂缝的构件, B_s 应降低 10%;
 3. 公式(6.3.2-3)仅适用于 $0.4 \leq \frac{M_{cr}}{M_s} \leq 1.0$ 的情况。

6.3.3 矩形、T形、倒T形和I形截面受弯构件的长期刚度,可按下列公式计算:

$$B_t = \frac{M_s}{M_l(\theta-1) + M_s} B_s \quad (6.3.3)$$

式中 M_l ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值;

B_s ——荷载短期效应组合作用下受弯构件的短期刚度;

θ ——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数,按本规程第6.3.4条的规定采用。

6.3.4 考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数 θ 可按下列规定取用:

6.3.4.1 钢筋轻骨料混凝土受弯构件

当 $\rho' = 0$ 时, $\theta = 2.0$;

当 $\rho' = \rho$ 时, $\theta = 1.6$;

当 ρ' 为中间数值时, θ 按直线内插法取用。

此处, ρ' 为纵向受压钢筋配筋率, $\rho' = \frac{A'_s}{b h_0}$; 对翼缘在受拉区的

T形截面, θ 应增加 20%。

6.3.4.2 预应力轻骨料混凝土受弯构件

$$\theta = 2.0$$

6.3.5 预应力钢筋轻骨料混凝土受弯构件在使用阶段的预加应力反拱值,可用结构力学方法按刚度 $E_c I_0$ 进行计算,并考虑预压应力长期作用的影响。此时,将计算求得的预加应力反拱值乘以增大系数 2.0;在计算中,预应力钢筋的应力应扣除全部预应力损失。对恒载较小的构件,应考虑反拱过大对使用上的不利影响。

7 构造规定

7.1 一般规定

7.1.1 钢筋轻骨料混凝土结构伸缩缝的最大间距可按表 7.1.1 的规定采用。

表 7.1.1 钢筋轻骨料混凝土结构伸缩缝最大间距(m)

结 构 类 别		室内或土中	露 天
框 架 结 构	装配式	75	60
	现浇式	55	40
剪力墙结构	装配式	65	45
	现浇式	45	35

注:1. 如有充分依据或可靠措施,表中数值可予以增减;

2. 当屋面板上部无保温或隔热措施时,对框架、剪力墙结构的伸缩缝间距,可按表中露天栏的数值选用;

3. 外墙装配内墙现浇的剪力墙结构,其伸缩缝最大间距宜按现浇式一栏的数值选用。滑模施工的剪力墙结构,宜适当减小伸缩缝间距。现浇墙体在施工中应采取措施减小轻骨料混凝土收缩应力;

4. 位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构或经常处于高温作用下的结构,可按照使用经验适当减小伸缩缝间距;

5. 伸缩缝间距尚应考虑施工条件的影响,必要时(如材料收缩较大或室内结构因施工外露时间较长)宜适当减小伸缩缝间距。

7.1.2 受力钢筋的轻骨料混凝土保护层最小厚度(从钢筋的外边缘算起)应符合表 7.1.2 的规定,且不应小于受力钢筋的直径 d 。

板、墙、壳中分布钢筋的保护层厚度不应小于 10mm;梁、柱中箍筋和构造钢筋的保护层厚度不应小于 15mm。

表 7.1.2 轻骨料混凝土保护层最小厚度(mm)

环境条件	构件类别	轻骨料混凝土强度等级		
		\leq CL20	CL25 及 CL30	\geq CL35
室 内 正常环境	板、墙、壳	20	15	
	梁、柱	30	25	

环境条件	构件类别	轻骨料混凝土强度等级		
		≤C20	C25 及 C30	≥C35
露天或室内	板、墙、壳	35	25	20
高湿度环境	梁、柱	45	35	30

- 注:1. 处于室内正常环境由工厂生产的预制构件,当轻骨料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,但预制构件中的预应力钢筋的保护层厚度不应小于 15mm;处于露天或室内高湿度环境的预制构件,当表面另作水泥砂浆抹面层且有质量保证措施时,保护层厚度可按表中室内正常环境中构件的数值采用;
2. 预制钢筋轻骨料混凝土受弯构件,钢筋端头的保护层厚度一般为 15mm,顶制的肋形板,其主肋的保护层厚度可按梁考虑;
3. 处于露天或室内高湿度环境中的结构,其轻骨料混凝土强度等级不宜低于 C25,当非主要承重构件的轻骨料混凝土强度等级采用 C20 时,其保护层厚度可按表中 C25 的规定值取用;
4. 要求使用年限较长的重要建筑物和受沿海环境侵蚀的建筑物的承重结构,当处于露天或室内高湿度环境时,其保护层厚度应适当增加;
5. 有防火要求的建筑物,其保护层厚度尚应符合国家现行防火规范的有关规定。

7.1.3 当计算中充分利用纵向受拉钢筋强度时,其锚固长度 l_a 不应小于表 7.1.3 规定的数值。

表 7.1.3 纵向受拉钢筋的最小锚固长度 l_a (mm)

钢筋类型	轻骨料混凝土强度等级			
	C15	C20	C25	≥C30
I 级钢筋	45d	35d	30d	25d
月牙纹	II 级钢筋	55d	45d	40d
	III 级钢筋	—	50d	45d
	冷轧带肋钢筋	—	45d	40d
冷拔低碳钢丝	300			

- 注:1. 当月牙纹钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ 时,其锚固长度应按表中数值增加 5d 采用;
2. 当轻骨料混凝土在凝固过程中易受扰动时(如滑模施工),受力钢筋的锚固长度宜适当增加;
3. 纵向受拉的 I、II、III 级钢筋的锚固长度不应小于 250mm;纵向受拉的冷轧带肋钢筋的锚固长度不应小于 200mm。

7.1.4 纵向受拉钢筋不宜在受拉区截断。如必须截断时,应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面以外,延伸的长度不应小于 $25d$;同时,当 $V \geq 0.06f_c b h_0$ 时,从该钢筋强度充分利用截面延伸的长度,尚不应小于 $(1.2l_a + h_0)$;当 $V < 0.06f_c b h_0$ 时,从该钢筋强度充分利用截面延伸的长度,尚不应小于 $1.2l_a$ (图 7.1.4)。

注:对某些集中荷载较大或腹板较薄的受弯构件,如纵向钢筋必须在受拉区截断时,尚应进行斜截面受弯承载力的计算。

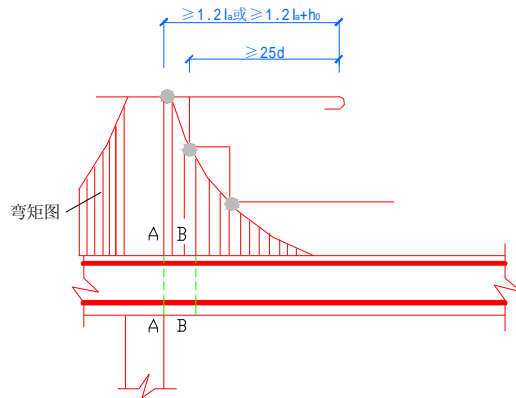


图 7.1.4 纵向受拉钢筋截断后延伸的长度

A—A 钢筋强度充分利用截面;

B—B 按计算不需要该钢筋的截面

7.1.5 纵向受压钢筋在跨中截断时,必须伸至按计算不需要该钢筋的截面以外,延伸的长度不应小于 $20d$;对绑扎骨架中末端无弯钩的光面钢筋,不应小于 $25d$ 。

7.1.6 钢筋的接头宜优先采用焊接或机械连接的接头。钢筋焊接接头的类型及质量应符合国家现行《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204 的要求;当采用机械连接的接头时,接头的质量、适用范围、构造要求等应符合专门的规定。

7.1.7 轴心受拉及小偏心受拉杆件(如桁架和拱的拉杆)的受力

钢筋不得采用非焊接的搭接接头。

双面配置受力钢筋的焊接骨架,不得采用非焊接的搭接接头。

当受力钢筋直径 $d > 20\text{mm}$ 时,不宜采用非焊接的搭接接头;对轴心受压和偏心受压柱中的受压钢筋,当钢筋直径 $d \leq 28\text{mm}$ 时,可采用非焊接的搭接接头,但接头位置应设置在受力较小处。

7.1.8 绑扎骨架和绑扎网中的非预应力受力钢筋,当接头用搭接而不加焊时,受拉钢筋的搭接长度不应小于 $1.2l_a$ (l_a 按表 7.1.3 的规定采用),且不应小于 350mm ;受压钢筋的搭接长度不应小于 $0.85l_a$,且不应小于 250mm 。

焊接骨架在受力方向的接头可采用非焊接的搭接接头,受拉钢筋的搭接长度不应小于 l_a ,受压钢筋的搭接长度不应小于 $0.7l_a$ 。

7.1.9 受力钢筋的接头位置和接头区段内受力钢筋接头面积的允许百分率以及钢筋搭接长度范围内的箍筋间距等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

7.1.10 轻骨料混凝土构件中纵向受力钢筋的配筋百分率,不应小于表 7.1.10 规定的数值。

表 7.1.10 轻骨料混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率(%)

分 类	轻骨料混凝土强度等级	
	$\leq \text{C}130$	$\text{C}135 \sim \text{C}150$
轴心受压构件的全部受压钢筋	0.4	0.4
偏心受压及偏心受拉构件的受压钢筋	0.2	0.2
受弯构件、偏心受压构件、大偏心受拉构件的受拉钢筋及小偏心受拉构件每一侧的受拉钢筋	0.15	0.2

注:1. 受压钢筋和偏心受压构件的受拉钢筋最小配筋百分率按构件的全截面面积计算;其余的受拉钢筋最小配筋百分率按全截面面积扣除位于受压边或较小受拉边翼缘面积 $(b'_f - b)h'_f$ 后的截面面积计算;

2. 配置碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋的预应力轻骨料混凝土构件,其正截面承载力设计值不应小于正截面开裂时的内力值。对配置上述钢筋的

预应力轻骨料混凝土受弯构件,其正截面受弯承载力应符合 $M_u \geq M_{cr}$ 的要求。

此处, M_u 为预应力轻骨料混凝土受弯构件正截面受弯承载力设计值,可按本规程第 5.1.5 条、第 5.1.6 条或第 5.1.9 条的公式进行计算,但应取等号,将 M 以 M_u 代替,并应考虑第 5.1.10 条的规定; M_{cr} 为预应力受弯构件的正截面开裂弯矩值,应按公式(6.3.2-4)计算;

3. 配置冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝的预应力轻骨料混凝土受弯构件中纵向受拉钢筋的最小配筋率应分别符合《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ95 或《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》JGJ19 的规定;
4. 当温度、收缩等因素对结构产生较大影响时,构件的最小配筋百分率应适当增加。

7.2 预应力轻骨料混凝土结构构件的构造规定

7.2.1 当受拉区部分钢筋施加预应力已能使构件符合抗裂或裂缝宽度要求时,则承载力计算所需的其余受拉钢筋允许采用非预应力钢筋。如非预应力钢筋采用与预应力钢筋同级的冷拉 II 级或冷拉 III 级钢筋时,其截面面积不宜大于受拉钢筋总截面面积的 20%;如非预应力钢筋采用 III 级及其以下的热轧钢筋时,其截面面积可不受限制。

7.2.2 在预应力轻骨料混凝土屋面梁等构件中,为防止由于施加预应力而产生预拉区的裂缝和减少支座附近区段的主拉应力,在靠近支座部分,宜将一部分预应力钢筋弯起。

7.2.3 对后张法预应力轻骨料混凝土构件端部锚固区局部受压承载力的计算以及为防止构件端部裂缝的构造配筋要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

7.2.4 预应力钢筋、钢丝的净距应根据浇灌轻骨料混凝土、施加预应力及钢筋锚固等要求确定。

预应力钢筋的净距不应小于其直径,且不小于 25mm;预应力钢丝的净距不宜小于 15mm。如采用冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝,当排列有困难时,可采用两根并列。

7.2.5 先张法预应力轻骨料混凝土构件宜采用变形钢筋、刻痕钢丝、钢绞线及冷轧带肋钢筋等。

7.2.6 对预应力钢筋端部周围的轻骨料混凝土应采取下列加强措施:

7.2.6.1 对单根预应力钢筋(如板肋的配筋),其端部宜设置长度不小于 150mm 的螺旋筋。当钢筋直径 $d \leq 16\text{mm}$ 时,亦可利用支座垫板上的插筋代替螺旋筋,但插筋数量不应少于 4 根,其长度不宜小于 120mm。

7.2.6.2 对多根预应力钢筋,在构件端部 $15d$ (d 为预应力钢筋直径)范围内,应设置钢筋网片,其间距不宜大于 50mm。

7.2.6.3 对钢丝配筋的薄板,在板端 100mm 范围内应适当加密横向钢筋,且不宜少于 3 根。

7.2.7 后张法预应力钢筋的锚固应选用可靠的锚具,其制作方法和质量要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204 的规定。

7.2.8 预应力钢筋的预留孔道及孔道灌浆的要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

8 结构构件的规定

8.1 板

8.1.1 板中采用绑扎钢筋作配筋时,其受力钢筋的间距:当板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时,不应大于 200mm ;当板厚 $h > 150\text{mm}$ 时,不应大于 $1.5h$,且不应大于 300mm 。

由板中伸入支座的下部钢筋,其间距不应大于 400mm ,其截面面积不应小于跨中受力钢筋截面面积的 $1/3$ 。

板中弯起钢筋的弯起角不宜小于 30° 。

8.1.2 对嵌固在承重砖墙内的现浇板,在板的上部应配置构造钢筋,并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

8.1.3 简支板的下部纵向受力钢筋应伸入支座,其锚固长度 l_{ae} 不应小于 $6d$ 。当采用焊接网配筋时,其末端至少应有一根横向钢筋配置在支座边缘内(图 8.1.3 a);如不能符合图 8.1.3 a 的要求时,应在受力钢筋末端制成弯钩(图 8.1.3 b)或加焊附加的横向锚固钢筋(图 8.1.3 c)。

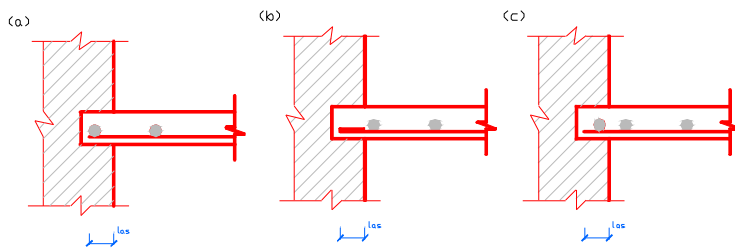


图 8.1.3 焊接网在板的自由支座上的锚固

注:当 $V > 0.06f_c b h_0$ 时,配置在支座边缘内的横向锚固钢筋不应少于二根,其直径不应小于纵向受力钢筋直径的一半。

8.1.4 单向板中单位长度上的分布钢筋,其截面面积不应小于单位长度上受力钢筋截面面积的 10%,其间距不应大于 300mm,其直径不宜小于 5mm。

注:当板所受的温度变化较大时,板中的分布钢筋应适当增加。

8.1.5 当现浇板的受力钢筋与梁的肋部平行时,应沿梁肋方向配置间距不大于 200mm 且与梁肋相垂直的构造钢筋,其直径不应小于 6mm,且单位长度内的总截面面积不应小于板中单位长度内受力钢筋截面面积的 $\frac{1}{3}$,伸入板中的长度从肋边算起每边不应小于

板计算跨度 l_0 的 $\frac{1}{4}$ (图 8.1.5)

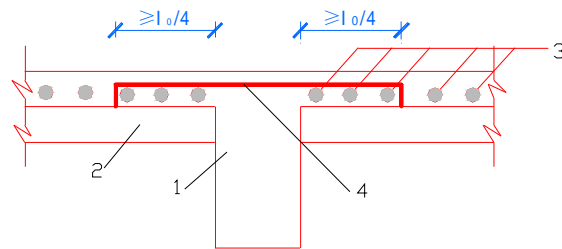


图 8.1.5 板中与梁肋垂直的构造钢筋
1—主梁;2—次梁;3—板的受力钢筋;4—间距不大于 200mm、直径不小于 6mm 的构造钢筋

8.1.6 板的箍筋或弯起钢筋的配置,应符合下列规定:

8.1.6.1 板的厚度不应小于 150mm。

8.1.6.2 按计算所需的箍筋截面面积应配置在冲切破坏锥体范围内,此外,尚应按相同的箍筋直径和间距向外延伸配置在不小于 $0.5 h_0$ 范围内;箍筋宜为封闭式,并应箍住架立钢筋,其直径不应小于 6mm,间距不应大于 $\frac{1}{3} h_0$ (图 8.1.6 a)。

8.1.6.3 弯起钢筋可由一排或两排组成,其弯起角可根据板的厚度在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间选取(图 8.1.6 b);弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏斜截面相交,其交点应在离局部荷载或集中反力作用面积周

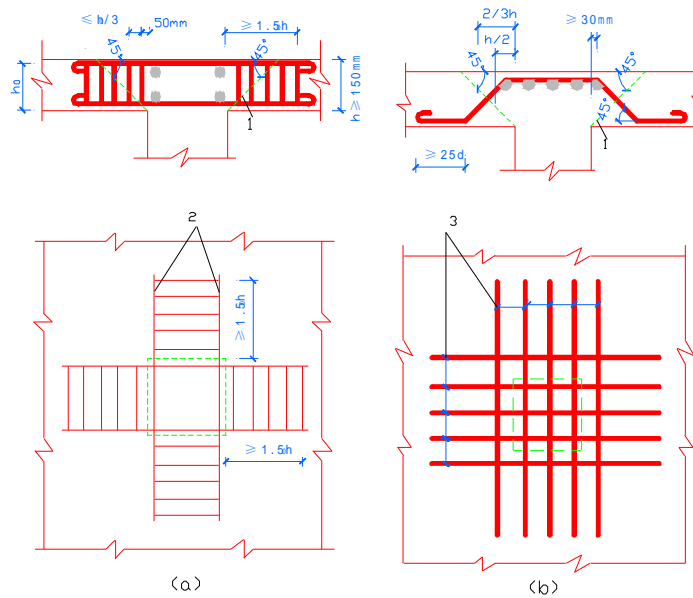


图 8.1.6 板中抗冲切钢筋布置

(a)配置箍筋;(b)配置弯起钢筋

1—冲切破坏锥体斜截面;2—架立钢筋;3—弯起钢筋不少于 3 根

边以外 $\frac{1}{2}h$ 至 $\frac{2}{3}h$ 的范围内,弯起钢筋直径不应小于 12mm,且每一方向不应少于三根。

8.2 梁

8.2.1 绑扎骨架的钢筋轻骨料混凝土梁,其纵向受力钢筋的直径:当梁高为 300mm 及以上时,不应小于 10mm;当梁高小于 300mm 时,不应小于 6mm。梁的上部纵向钢筋的净距,不应小于 30mm 和 $1.5d$ (d 为钢筋的最大直径);下部纵向钢筋净距,不应小于 25mm 和 d 。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时,钢筋水平方

向的中距应比下面两层的中距增大一倍。

伸入梁的支座范围内的纵向受力钢筋数量:当梁宽为 150mm 及以上时,不应少于 2 根;当梁宽小于 150mm 时,可为一根。

8.2.2 钢筋轻骨料混凝土简支梁的下部纵向受力钢筋伸入梁的支座范围内的锚固长度 l_{as} (图 8.2.2)应符合下列条件:

(1)当 $V \leq 0.06 f_c b h_0$ 时

$$l_{as} \geq 10 d$$

(2)当 $V > 0.06 f_c b h_0$ 时

变形钢筋 $l_{as} \geq 15 d$

光面钢筋 $l_{as} \geq 20 d$

如纵向受力钢筋伸入梁的支座范围内的锚固长度不符合上述规定时,应采取在钢筋上加焊横向锚固钢筋、锚固钢板,或将钢筋端部焊接在梁端的预埋件上等有效锚固措施。

如焊接骨架中采用光面钢筋作为纵向受力钢筋时,则在锚固长度 l_{as} 内应加焊横向钢筋:当 $V \leq 0.06 f_c b h_0$ 时,至少一根,当 $V > 0.06 f_c b h_0$ 时,至少二根;横向钢筋直径不应小于纵向受力钢筋直径的一半;同时,加焊在最外边的横向钢筋,应靠近纵向钢筋的末端。

注:轻骨料混凝土强度等级小于或等于 C125 的简支梁,在距支座边 1.5 h 范围内作用有集中荷载(包括作用有多种荷载、且其中集中荷载对支座截面所产生的剪力占总剪力值的 75% 以上的情况),且 $V > 0.06 f_c b h_0$ 时,对变形钢筋宜采用附加锚固措施,或取锚固长度 $l_{as} \geq 20 d$ 。

8.2.3 连续梁或框架梁的上部纵向钢筋应贯穿其中间支座或中间节点范围(图 8.2.3 a)。

下部纵向钢筋伸入中间支座或中间节点范围内的锚固长度应按下列规定取用:

(1)当计算中不利用其强度时,其伸入的锚固长度应符合本规程第 8.2.2 条中当 $V > 0.06 f_c b h_0$ 时的规定;

(2)当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时,其伸入的锚固长

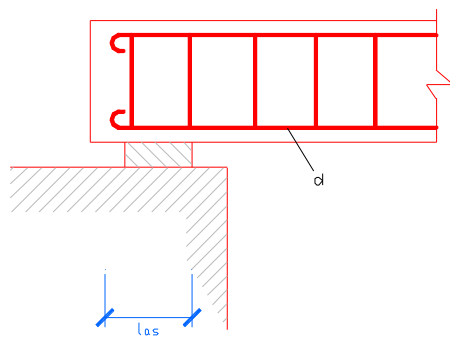


图 8.2.2 纵向受力钢筋伸入梁的支座范围内的锚固

度不应小于表 7.1.3 规定的数值；

(3)当计算中充分利用钢筋的抗压强度时,其伸入的锚固长度不应小于 $0.7l_a$ (图 8.2.3)。

框架梁的上部纵向钢筋在中间层端节点内的锚固长度,除应符合表 7.1.3 的要求外,并应伸过节点中心线;当

上部纵向钢筋在端节点内水平锚固长度不够时,应沿柱节点外边向下弯折,经弯折后的水平投影长度不应小于 $0.45l_a$,垂直投影长

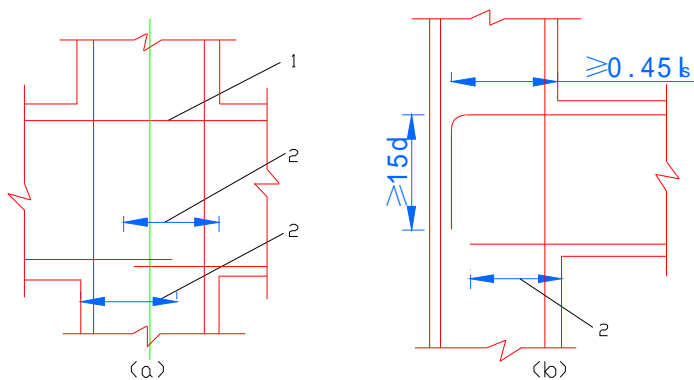


图 8.2.3 梁中纵向受力钢筋在节点(或支座)范围内的锚固

(a)连续梁中间支座或框架中间节点;(b)框架中间层端节点

1—上部纵向钢筋贯穿节点范围;2—下部纵向钢筋伸入节点内的锚固长度

度不应小于 $15d$ (d 为纵向钢筋直径);下部纵向钢筋伸入端节点内的锚固长度,应符合中间节点处的要求(图 8.2.3 b)。

当轻骨料混凝土强度等级不高于 **CL25**，且受柱截面尺寸限制而纵向钢筋经弯折后的水平投影长度不能满足上述要求时，采取下列附加锚固措施后，水平投影长度可乘以折减系数 **0.85**：在纵向钢筋的弯弧内侧中点处，设置一根直径不小于该纵向钢筋直径且不小于 **25mm** 的横向插筋，其长度应取等于梁截面宽度，并应与纵向钢筋绑扎。

注：框架顶层节点内纵向钢筋的锚固，应采取有效措施或按专门规定采用。

8.2.4 在采用绑扎骨架的钢筋轻骨料混凝土梁中，承受剪力的钢筋，宜优先采用箍筋。当设置弯起钢筋时，弯起钢筋的弯终点外应留有锚固长度，其长度在受拉区不应小于 **25d**，在受压区不应小于 **15d**；对光面钢筋在末端尚应设置弯钩（图 8.2.4）。位于梁底层两侧的钢筋不应弯起。

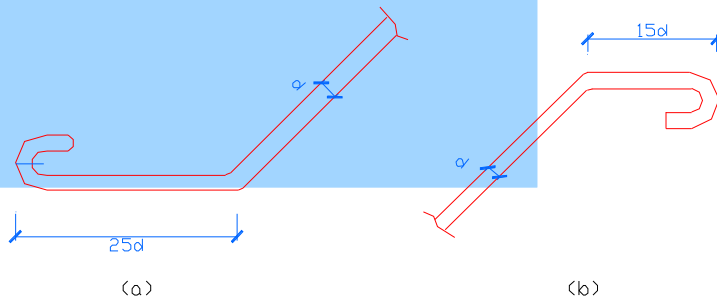


图 8.2.4 弯起钢筋端部构造

(a)受拉区;(b)受压区

梁中弯起钢筋的弯起角宜为 **45°** 或 **60°**。

8.2.5 在梁的受拉区中，弯起钢筋的弯起点，可在按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋截面面积之前弯起；但弯起钢筋与梁中心线的交点，应在不需要该钢筋的截面之外（图 8.2.5）；同时，弯起点与按计算充分利用该钢筋的截面之间的距离，不应小于 $h_0/2$ 。

当按计算需设置弯起钢筋时，前一排（对支座而言）的弯起点至后一排的弯终点的距离不应大于表 8.2.7 中 $V > 0.06f_c b h_0 +$

0.04 N_{p0} 栏的规定。

注：弯起钢筋不应采用浮筋。

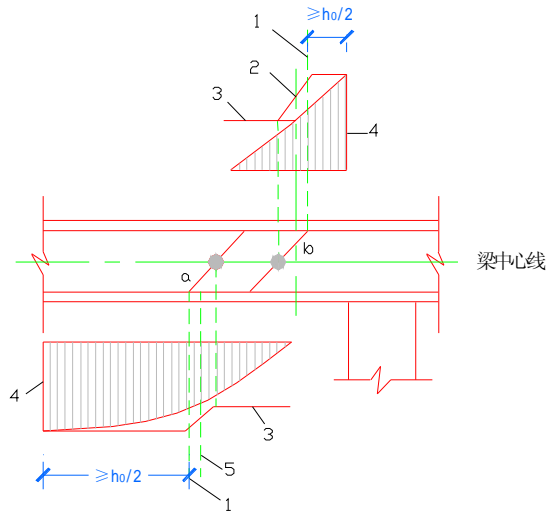


图 8.2.5 弯起钢筋弯起点与弯矩图形的关系

- 1—在受拉区域中的弯起点；2—按计算不需要钢筋“ b ”的截面；3—正截面受弯承载力图形；4—按计算钢筋强度充分利用的截面；
- 5—按计算不需要钢筋“ a ”的截面

8.2.6 如按计算不需要箍筋的梁：对截面高度大于 300mm 时，仍应沿梁全长设置箍筋；对截面高度为 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；对截面高度为 150mm 以下时，可不设置箍筋。

8.2.7 梁中箍筋的间距应符合下列规定：

8.2.7.1 梁中箍筋的最大间距宜符合表 8.2.7 的规定。当 $V > 0.06 f_c b h_0 + 0.04 N_{p0}$ 时，箍筋的配筋率 $\rho_{sv} \left(\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} \right)$ 尚不应小于

$$0.02 \frac{f_c}{f_{yv}}$$

表 8.2.7 梁中箍筋的最大间距(mm)

梁高 h	$V > 0.06 f_c b h_0 + 0.04 N_{p0}$	$V \leq 0.06 f_c b h_0 + 0.04 N_{p0}$
$150 < h \leq 300$	120	150
$300 < h \leq 500$	150	200
$500 < h \leq 800$	200	250
$h > 800$	250	300

8.2.7.2 当梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时,箍筋应做成封闭式;箍筋的间距在绑扎骨架中不应大于 $15d$,在焊接骨架中不应大于 $20d$ (d 为纵向受压钢筋中的最小直径),同时在任何情况下均不应大于 300mm ;当一层内的纵向受压钢筋多于三根时,应设置复合箍筋;当一层内的纵向受压钢筋多于五根且直径大于 18mm 时,箍筋间距不应大于 $10d$ 。

当梁的宽度不大于 400mm 、且一层内的纵向受压钢筋不多于四根时,可不设置复合箍筋。

8.2.7.3 梁中纵向钢筋搭接长度范围内的箍筋间距,应符合本规程第 7.1.9 条的规定。

8.2.8 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 ;对截面高度为 250mm 及以下的梁,其箍筋直径不应小于 4mm ;梁中配有按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)。

8.2.9 在弯剪扭构件中箍筋和纵向钢筋的配筋率和构造要求,应符合下列规定:

8.2.9.1 箍筋的配筋率 ρ_{sv} 不应小于 $\rho_{sv,\min}$, $\rho_{sv,\min} = 0.02 \alpha \frac{f_c}{f_{yv}}$, 此处, $\alpha = 1 + 1.75(2\beta_t - 1)$, β_t 值按本规程第 5.3.6 条的规定计算。

箍筋间距应符合表 8.2.7 的规定,且箍筋必须做成封闭式;当采用绑扎骨架时,箍筋的末端应做成不小于 135° 弯钩,弯钩端头平直段长度不应小于 $5d$ (d 为箍筋直径)和 50mm 。

8.2.9.2 纵向钢筋的配筋率,不应小于受弯构件纵向受力钢筋的最小配筋率与受扭构件纵向受力钢筋的最小配筋率之和。受弯构件纵向受力钢筋最小配筋率,可按表 7.1.10 取用;受扭构件纵向受力钢筋的最小配筋率 $\rho_{t,\min} \left(\rho_{t,\min} = \frac{A_{st,\min}}{bh} \right)$,可取 $0.08(2\beta_t - 1) \frac{f_c}{f_{yv}}$,间距不应大于 300mm 和梁的宽度,在截面的四角必须设有纵向受力钢筋,并沿截面周边对称布置。

8.2.10 位于梁下部或在梁截面高度范围内的集中荷载,应全部由附加横向钢筋(吊筋、箍筋)承担。附加横向钢筋应布置在长度为 $s(s=2h_1+3b)$ 的范围内(图 8.2.10)。附加横向钢筋宜优先采用箍筋。

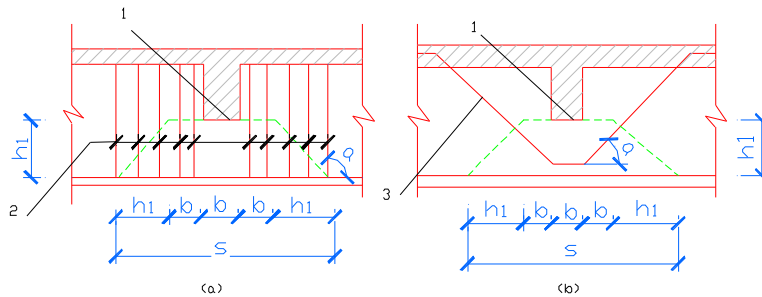


图 8.2.10 在梁截面高度范围内有集中荷载作用时附加横向钢筋布置
(a)附加箍筋;(b)附加吊筋

1—传递集中荷载的位置;2—附加箍筋;3—附加吊筋

附加横向钢筋所需的总截面面积应按下列公式计算:

$$A_{sv} \geq \frac{F}{f_{yv} \sin \alpha} \quad (8.2.10)$$

式中 A_{sv} ——承受集中荷载所需的附加横向钢筋总截面面积;
 F ——作用在梁的下部或梁截面高度范围内的集中荷载设计值;
 α ——附加横向钢筋与梁轴线间的夹角。

8.2.11 如构件的内折角处于受拉区时,应增设箍筋。该箍筋应足以承受未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的合力,且在任何情况下不应小于全部纵向受拉钢筋合力的 35%。由箍筋承受的纵向受拉钢筋的合力,可按下列公式计算(图 8.2.11):

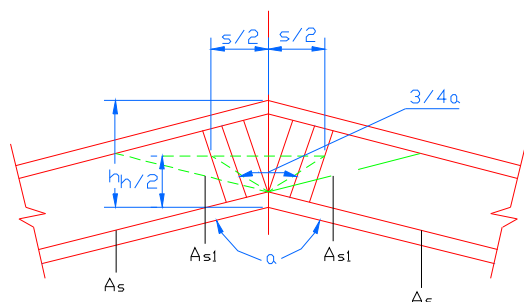


图 8.2.11 钢筋轻骨料混凝土构件内折角处配筋

(1) 未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的合力为:

$$N_{s1} = 2f_y A_{s1} \cos \frac{\alpha}{2} \quad (8.2.11-1)$$

(2) 全部纵向受拉钢筋合力的 35%为:

$$N_{\Sigma} = 0.7f_y A_s \cos \frac{\alpha}{2} \quad (8.2.11-2)$$

式中 A_s ——全部纵向受拉钢筋的截面面积;

A_{s1} ——未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的截面面积;

α ——构件的内折角。

按上述条件求得的箍筋,应设置在长度为 s ($s = h \tan \frac{3}{8} \alpha$)

的范围内。

8.2.12 当梁的跨度小于 4m 时,架立钢筋的直径不宜小于 6mm;当梁的跨度等于 4~6m 时,不宜小于 8mm;当梁的跨度大于 6m 时,不宜小于 10mm。

8.2.13 当梁的截面高度超过 700mm 时,在梁的两侧面沿高度每隔 300~400mm,应设置一根直径不小于 10mm 的纵向构造钢筋。

8.2.14 对钢筋轻骨料混凝土薄腹梁，应在下部二分之一梁高的腹板内，沿两侧配置纵向构造钢筋，其直径为8~14mm，间距为100~150mm，并按下密上稀的方式布置；在上部二分之一梁高的腹板内可按本规程第8.2.13条的规定配置纵向构造钢筋。

8.3 柱

8.3.1 钢筋轻骨料混凝土柱的长细比（ $\lambda=l_0/i$ ）不应大于104。钢筋轻骨料混凝土柱的计算长度 l_0 可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10的有关规定。

8.3.2 柱中纵向受力钢筋应符合下列规定：

8.3.2.1 纵向受力钢筋直径 d 不宜小于12mm，但不宜大于28mm；全部纵向钢筋配筋率不宜超过5%。

8.3.2.2 当偏心受压柱的截面高度 $h\geq 600\text{mm}$ 时，在侧面应设置直径为10~16mm的纵向构造钢筋，并相应地设置复合箍筋或拉筋。

8.3.2.3 柱内纵向钢筋的净距不应小于50mm；对水平浇筑的预制柱，其纵向钢筋的最小净距可按本规程第8.2.1条关于梁的规定取用。

8.3.2.4 在偏心受压柱中，垂直于弯矩作用平面的纵向受力钢筋以及轴心受压柱中各边的纵向受力钢筋，其中距不应大于350mm。

8.3.3 柱中箍筋应符合下列规定：

8.3.3.1 在柱中及其他受压构件中的箍筋应做成封闭式。

8.3.3.2 箍筋间距不应大于400mm，且不应大于构件截面的短边尺寸；同时，在绑扎骨架中，不应大于 $15d$ （ d 为纵向钢筋的最小直径）；在焊接骨架中，不应大于 $20d$ 。

8.3.3.3 采用热轧钢筋时，其箍筋直径不应小于 $d/4$ ，且不应小于6mm；采用LL550级冷轧带肋钢筋或冷拔低碳钢丝时，其箍筋直径不应小于 $d/5$ （ d 为纵向钢筋的最大直径），且不应小于5mm。

8.3.3.4 当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过3%时，则箍筋

直径不宜小于 8mm,且应焊成封闭环式,其间距不应大于 $10d$ (d 为纵向钢筋的最小直径),且不应大于 200mm。

8.3.3.5 当柱子各边纵向钢筋多于三根时,应设置复合箍筋;当柱子短边不大于 400mm,且纵向钢筋不多于四根时,可不设置复合箍筋。

8.3.3.6 柱内纵向钢筋搭接长度范围内的箍筋间距应符合本规程第 7.1.9 条的规定。

8.4 剪 力 墙

8.4.1 当墙的长度大于其厚度的四倍时,应按钢筋轻骨料混凝土剪力墙要求进行设计。墙的轻骨料混凝土强度等级不宜低于 CL20。

8.4.2 钢筋轻骨料混凝土剪力墙的厚度不应小于 140mm;对剪力墙结构,尚不应小于楼层高度的 $1/25$;对框架剪力墙结构,尚不应小于楼层高度的 $1/20$ 。

当采用预制楼板时,剪力墙的厚度尚应考虑预制板在墙上的搁置长度以及上、下楼层内竖向钢筋贯通的要求。

8.4.3 在平行于墙面的水平荷载和竖向荷载作用下,钢筋轻骨料混凝土剪力墙应根据结构分析所得的内力,按本规程第五章第一节的相关规定,分别按轴心受压、偏心受压或偏心受拉进行正截面承载力计算和本节规定的斜截面受剪承载力计算。在集中荷载作用处,尚应进行局部受压承载力的计算。

在承载力计算中,剪力墙的翼缘计算宽度可取剪力墙的间距、门窗洞间墙的宽度、剪力墙厚度加两侧各 6 倍翼缘墙的厚度和剪力墙墙肢总高度的四分之一四者中的最小值。

8.4.4 钢筋轻骨料混凝土剪力墙,其受剪截面应符合下列条件:

$$V \leq 0.21 f_c b h \quad (8.4.4)$$

式中 V ——剪力设计值;

b ——矩形截面的宽度或 T 形、I 形截面的腹板宽度(墙的厚度);

h ——截面高度(墙的长度)。

8.4.5 钢筋轻骨料混凝土剪力墙在偏心受压时的斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left[0.04 f_c b h_0 + 0.1 N \frac{A_w}{A} \right] + f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0 \quad (8.4.5)$$

式中 N ——与剪力设计值 V 相应的轴向压力设计值; 当 $N > 0.2 f_c b h$ 时, 取 $N = 0.2 f_c b h$;

A ——剪力墙的截面面积, 其中, 翼缘的有效面积可按本规程第 8.4.3 条规定的翼缘计算宽度确定;

A_w ——T 形或 I 形截面剪力墙腹板的截面面积; 对矩形截面剪力墙, 取 $A_w = A$;

A_{sh} ——配置在同一水平截面内的水平分布钢筋的全部截面面积;

s ——水平分布钢筋的竖向间距;

λ ——计算截面处的剪跨比, $\lambda = M/Vh_0$; 当 $\lambda < 1.5$ 时, 取 $\lambda = 1.5$, 当 $\lambda > 2.2$ 时, 取 $\lambda = 2.2$; 此处, M 为与剪力设计值 V 相应的弯矩设计值; 当计算截面与墙底之间的距离小于 $h/2$ 时, λ 应按距墙底 $h/2$ 处的弯矩值与剪力值计算。

当剪力设计值 V 不大于 $\frac{1}{\lambda - 0.5} \left[0.04 f_c b h_0 + 0.1 N \frac{A_w}{A} \right]$ 时, 水平分布钢筋应按本规程第 8.4.9 条至第 8.4.12 条的构造要求配置。

8.4.6 钢筋轻骨料混凝土剪力墙在偏心受拉时的斜截面受剪承载力, 应按下列公式计算:

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left[0.04 f_c b h_0 - 0.13 N \frac{A_w}{A} \right] + f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0 \quad (8.4.6)$$

当公式 (8.4.6) 右边的计算值小于 $f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0$ 时, 取等于

$$f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0。$$

式中 N ——与剪力设计值 V 相应的轴向拉力设计值；

λ ——计算截面处的剪跨比，按本规程第 8.4.5 条的规定取用。

8.4.7 钢筋轻骨料混凝土剪力墙中的连系梁，其正截面受弯承载力可按本规程第 5.1.5 条计算。

剪力墙洞口处的连系梁，当跨高比大于 2.5 时，其斜截面受剪承载力按下列公式计算：

$$V \leq 0.06 f_c b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0 \quad (8.4.7)$$

此时，其受剪要求的截面应符合本规程第 5.2.1 条的条件以及第 5.2.6 条的规定。

对跨高比不大于 2.5 的连系梁，其斜截面受剪承载力和配筋构造应按专门规定采用。

8.4.8 钢筋轻骨料混凝土剪力墙如按正截面承载力计算不需配置纵向受力钢筋时，则在截面两端(包括门洞边)应各设置不少于二根直径不小于 12mm 的纵向构造钢筋。

8.4.9 钢筋轻骨料混凝土剪力墙的水平分布钢筋的配筋率 ρ_{sh} 和 ρ_{sv} ($\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b s_h}$, $\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{b s_v}$, s_h 、 s_v 为竖向和水平分布钢筋的间距)，除按本规程第 8.4.10 条所规定的加强部位外，均不应小于 0.15%。

8.4.10 剪力墙结构的加强部位，其水平和竖向分布钢筋的配筋率均不应小于 0.2%。剪力墙结构的加强部位指：剪力墙结构的顶层、底部加强区(加强区的高度为墙肢总高度的八分之一、墙肢宽度两者中的较大者)、现浇端山墙、楼梯间的墙及端开间的内纵墙等。

当电梯间作为抗侧力结构时，应按剪力墙结构的加强部位考虑。

8.4.11 钢筋轻骨料混凝土剪力墙的水平分布钢筋的间距，不应

大于 300mm,直径不应小于 6mm;竖向分布钢筋的间距,不应大于 400mm,直径不应小于 8mm。

8.4.12 承受垂直于墙面的水平荷载的墙(如地下室墙)以及厚度大于 160mm 的剪力墙均应配置双排分布钢筋网;对厚度为 160mm 的剪力墙和厚度小于 160mm 的剪力墙结构的加强部位,宜配置双排分布钢筋网。

双排分布钢筋网应沿墙的两个侧面布置,且应采用拉筋连系;拉筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 700mm;对底部加强区,可适当增加拉筋数量。

8.4.13 在剪力墙的窗洞口周边部位,应设置不少于二根直径不小于 12mm 的水平及竖向构造钢筋,该钢筋自孔洞边角算起伸入墙内的长度不应小于 $45d$, d 为钢筋直径。

8.5 牛 腿

8.5.1 陶粒混凝土和自燃煤矸石混凝土牛腿(当 $a \leq h_0$ 时)的截面尺寸,应符合下列裂缝控制和构造要求(图 8.5.1):

8.5.1.1 牛腿的裂缝控制要求

$$F_{vs} \leq 0.65 \frac{f_{tk} b h_0}{0.5 + \frac{a}{h_0}} \quad (8.5.1)$$

式中 F_{vs} ——作用于牛腿顶部按荷载短期效应组合计算的竖向力值;

a ——竖向力的作用点至下柱边缘的水平距离,此时,应考虑安装偏差 20mm;竖向力的作用点位于下柱截面以内时,取 $a=0$;

b ——牛腿宽度;

h_0 ——牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度,取 $h_0 = h_1 - a_s + c \tan \alpha$ 。当 $\alpha > 45^\circ$ 时,取 $\alpha = 45^\circ$ 。

8.5.1.2 牛腿的外边缘高度 h_1 不应小于 $\frac{h}{3}$,且不应小于 200mm。

8.5.1.3 牛腿的受压面在竖向力值 F_{vs} 作用下,其局部受压应力不应超过 $0.75f_c$,否则应采取加大受压面积、提高混凝土强度等级或设置钢筋网等有效措施。

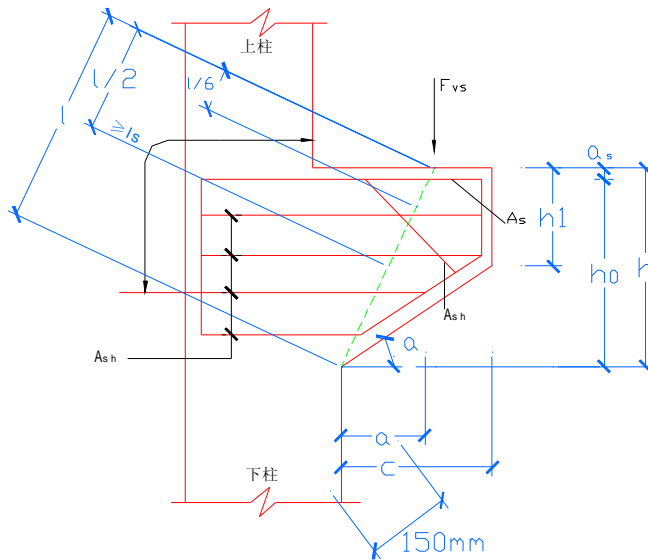


图 8.5.1 牛腿的尺寸和配筋构造

8.5.2 牛腿的纵向受拉钢筋截面面积应按下列公式计算:

$$A_s \geq \frac{F_v a}{0.85 f_y h_0} \quad (8.5.2)$$

当 $a < 0.3 h_0$ 时,取 $a = 0.3 h_0$ 。

式中 F_v ——作用在牛腿顶部的竖向力设计值。

纵向受力钢筋宜采用变形钢筋,其锚固长度应符合本规程第 8.2.3 条对梁的上部钢筋的有关规定。

承受竖向力所需的纵向受拉钢筋的配筋率,按全截面计算不应小于 0.2%,也不宜大于 0.6%,且根数不宜少于 4 根,直径不应小于 12mm。纵向受拉钢筋不得兼作弯起钢筋。

8.5.3 牛腿应设置水平箍筋,水平箍筋的直径应取用 6~12mm,

间距为 100~150mm,且在上部 $\frac{2}{3}h_0$ 范围内的水平箍筋总截面面积不应小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积的二分之一。

当牛腿的剪跨比 $\frac{a}{h_0} \geq 0.3$ 时,应设置弯起钢筋,弯起钢筋宜采用变形钢筋,并宜设置在牛腿上部 $l/6$ 至 $l/2$ 之间的范围内(图 8.5.1),其截面面积不应少于承受竖向力的受拉钢筋截面面积的三分之二,且不应小于 $0.0015bh$,其根数不应少于 3 根,直径不应小于 12mm。

8.6 预制构件的接头及吊环

8.6.1 预制构件的接头形式应根据结构的受力性能和施工条件确定,且应构造简单、传力直接。

对承受弯矩的刚性接头,设计时应使接头部位的截面刚度与邻近接头处的预制构件的刚度相接近。

8.6.2 当柱与柱、梁与柱、梁与梁之间的接头按刚性设计时,宜采用以钢筋为焊接连接的装配整体式接头。装配式结构在安装过程中应注意焊接程序并选择合理的构造形式,以减少焊接应力。装配式结构应考虑焊接应力以及施工和使用过程中的温差和混凝土收缩等不利影响,可较现浇结构适当增加构造配筋,并应避免由构件的局部削弱所引起的应力集中。当接头的构造和施工措施能保证节点的刚性要求时,装配整体式接头的钢筋亦可采用非焊接的连接方法。

8.6.3 当柱采用装配式榫式接头时,接头附近区段内截面的承载力宜为该截面计算所需承载力的 1.3~1.5 倍(均按轴心受压承载力计算)。此时,可采取在接头及其附近区段的轻骨料混凝土内加设横向钢筋网、提高后浇混凝土强度等级、设置附加的纵向钢筋等措施,以提高其承载力。

8.6.4 在装配整体式节点处,柱的纵向钢筋应贯穿节点,梁的纵向钢筋应按本规程第 8.2.3 条的规定在节点内锚固。

8.6.5 计算上承受内力的装配式构件接头,当接缝宽度为 20mm

及以下时,宜采用水泥砂浆灌筑,当接缝宽度大于 **20mm** 时,宜采用细石混凝土灌筑。梁与柱之间的缝隙宽度不宜小于 **80mm**。灌筑接缝的水泥砂浆和细石混凝土的强度等级宜比构件轻骨料混凝土的强度等级提高二级,并应采取措施减少灌缝混凝土的收缩。计算上不承受内力的构件接头,应采用不低于 **C15** 的细石混凝土或 **M15** 的砂浆灌筑。

8.6.6 单层房屋或高度不大于 **20m** 的多层房屋,其装配式楼板、屋面板间的缝隙应采用不低于 **C15** 的细石混凝土或 **M15** 的砂浆灌筑。缝的上口宽度不宜小于 **30mm**,缝的截面形式应有利于楼板间相互传递荷载。对要求传递水平荷载的装配式楼盖、屋盖以及高度大于 **20m** 的多层房屋的装配式楼盖、屋盖,其板与板、板与四周的构件(如墙、梁等)均应可靠地连成整体,以确保楼盖、屋盖平面内的刚度。

8.6.7 预制构件的吊环应采用 **I** 级钢筋制作,严禁使用冷加工钢筋。吊环埋入深度不应小于 **35d**,并应焊接或绑扎在钢筋骨架上。每个吊环可按二个截面计算,在构件的自重标准值作用下,吊环拉应力不应大于 **50N/mm²**(构件自重的动力系数已考虑在内)。当在一个构件上设有四个吊环时,设计时仅考虑三个吊环同时发挥作用。

9 钢筋轻骨料混凝土结构构件抗震设计

9.1 一般规定

9.1.1 地震区的钢筋轻骨料混凝土结构构件,除应符合本规程第一章至第八章的要求外,尚应按本章的规定进行结构构件的抗震设计。

在地震区,浮石或火山渣混凝土宜用于剪力墙结构。

9.1.2 钢筋轻骨料混凝土结构构件的抗震设计,应根据结构类型、房屋高度、设防烈度采用不同的抗震等级,并应符合相应的计算和构造措施要求。

结构抗震等级的划分宜符合表 9.1.2 的规定。

表 9.1.2 钢筋轻骨料混凝土结构的抗震等级

结构类型		设防烈度					
		6		7		8	
框架结构	房屋高度(m)	≤15	>15	<25	25~30	<25	25~30
	框架	四	三	三	二	二	一
框架剪力墙结构	房屋高度(m)	≤30	>30	<50	50~60	<50	50~60
	框架	四	三	三	二	二	一
	剪力墙	三	三	二	二	一	一
剪力墙结构	房屋高度(m)	≤30	>30	<50	50~70	<50	50~60
	一般剪力墙	四	三	三	二	二	一

注:1. 房屋的高度指室外地面至檐口的高度;

2. 设防烈度为 6 度的建筑(建造于Ⅳ类场地上较高的高层建筑除外)可不进行截面抗震验算,但应符合本章有关的抗震构造要求;
3. 框架剪力墙结构中,当剪力墙部分承受的地震倾覆力矩不大于结构总地震倾覆力矩的 50%时,其框架部分应按框架结构的抗震等级采用;
4. 设防烈度为 8 度的丙类建筑且房屋高度不超过 12m 的规则的一般民用框架结构(体育馆和影剧院等除外)和类似的工业框架结构,抗震等级可采用三级;
5. 本表所列结构,均为现浇钢筋轻骨料混凝土结构,剪力墙即为现行国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11 中的现浇抗震墙。

9.1.3 考虑地震作用组合的钢筋轻骨料混凝土结构构件,其截面承载力应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ,承载力抗震调整系数应按表 9.1.3 取用。

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用 1.0。

表 9.1.3 承载力抗震调整系数

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,其承载力抗震调整系数按梁取用。

9.1.4 考虑地震作用组合的钢筋轻骨料混凝土结构构件,其配置的受力钢筋的锚固和接头应符合本规程第七章第一节的要求外,尚应符合下列要求:

9.1.4.1 考虑抗震要求的纵向钢筋最小锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算:

$$l_{aE} = l_a + \Delta l_a \quad (9.1.4)$$

式中 l_a ——纵向受拉钢筋的最小锚固长度,按表 7.1.3 的规定取用;

Δl_a ——附加锚固长度:一、二级抗震等级,取 $5d$;三、四级抗震等级,可不考虑。

9.1.4.2 考虑抗震要求的受力钢筋宜优先采用焊接或机械连接的接头;当允许采用非焊接的搭接接头时,其搭接长度不应小于下列规定:对一、二级抗震等级,取 $1.2l_a + 5d$;对三、四级抗震等级,取 $1.2l_a$ 。

9.1.4.3 纵向钢筋的接头:对一、二级抗震等级,宜优先采用焊接或机械连接的接头;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。

9.1.4.4 箍筋的末端应做成不小于 135° 弯钩,弯钩端头平直段长度不应小于 $10d$ (d 为箍筋直径)。

9.1.4.5 对三级抗震等级,框架底层柱、剪力墙加强部位纵向钢筋的接头,宜优先采用焊接或机械连接的接头。

9.1.4.6 钢筋接头不宜设置在梁端、柱端的箍筋加密区范围内。

9.2 材 料

9.2.1 对框架梁、柱、节点,当按一级抗震等级设计时,轻骨料混凝土强度等级不应低于 **CL30**,当按二、三级抗震等级设计时,轻骨料混凝土强度等级不应低于 **CL20**。剪力墙的轻骨料混凝土强度等级不应低于 **CL20**。

地震区的轻骨料混凝土结构,其轻骨料混凝土强度等级不宜大于 **CL40**。

注:在施工中,轻骨料混凝土的骨料品种,不应随意代换。

9.2.2 结构构件中的纵向受力钢筋宜选用 **Ⅱ**、**Ⅲ**级钢筋;箍筋宜选用 **I**、**Ⅱ**级钢筋或 **LL550**级冷轧带肋钢筋。

注:在施工中,不宜以强度等级较高的钢筋代替原设计中的纵向受力钢筋;如必须代换时,应按钢筋受拉承载力设计值相等的原则进行代换。

9.2.3 按一、二级抗震等级设计时,框架结构中纵向受力钢筋的选用,除应符合本规程第三章的要求外,其检验所得的强度实测值,尚应符合下列规定:

9.2.3.1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 **1.25**。

9.2.3.2 钢筋的屈服强度实测值与钢筋的强度标准值的比值:当按一级抗震等级设计时,不应大于 **1.25**;当按二级抗震等级设计时,不应大于 **1.4**。

注:钢筋的检验方法,应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》**GB50204**的规定。

9.3 框 架 梁

9.3.1 考虑地震作用组合的框架梁,其正截面受弯承载力应按本规程第 5.1.5 条和第 5.1.6 条的规定计算,但在受弯承载力计算公式右边应除以相应的承载力抗震调整系数。

在计算中,梁端轻骨料混凝土受压区高度应符合下列要求:

$$\text{一级抗震等级} \quad x \leq 0.2 h_0 \quad (9.3.1-1)$$

$$\text{二、三级抗震等级} \quad x \leq 0.3 h_0 \quad (9.3.1-2)$$

且纵向受拉钢筋的配筋率均不应大于 2.5%。

9.3.2 框架梁考虑抗震等级的剪力设计值 V_b 应按下列规定计算:

一级抗震等级

$$V_b = 1.05 \frac{M_{bua}^l + M_{bua}^r}{l_n} + V_{Gb} \quad (9.3.2-1)$$

或

$$V_b = 1.05 \lambda_b \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb} \quad (9.3.2-2)$$

二级抗震等级

$$V_b = 1.05 \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb} \quad (9.3.2-3)$$

三级抗震等级

$$V_b = \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb} \quad (9.3.2-4)$$

式中 M_{bua}^l ——框架梁左端按实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值;

M_{bua}^r ——框架梁右端按实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值;

M_b^l ——考虑地震作用组合的框架梁左端弯矩设计值;

M_b^r ——考虑地震作用组合的框架梁右端弯矩设计值;

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

λ_b ——梁的实配增大系数,可取梁的左右端纵向受拉钢

筋的实际配筋面积之和与计算面积之和的比值的
1.1 倍,或经分析比较后确定;

l_n ——梁的净跨。

在公式(9.3.2-1)中, M_{bua}^+ 、 M_{bua}^- 之和,应分别按顺时针和逆时针方向进行计算,并取其较大值。每端的 M_{bua} 可按本规程公式(5.1.9)计算,但在计算中应将纵向受拉钢筋的强度设计值以强度标准值代替,取实配的纵向钢筋截面面积,不等式改为等式,并在等式右边除以梁的正截面承载力抗震调整系数, M_{bua} 取等于 M 。

在公式(9.3.2-2)、(9.3.2-3)、(9.3.2-4)中, M_b^+ 与 M_b^- 之和,应分别按顺时针和逆时针方向进行计算,并取其较大值。

9.3.3 按一、二、三级抗震等级设计的矩形、T形和I形截面的框架梁,其受剪截面应符合下列条件:

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} (0.17 f_c b h_0) \quad (9.3.3)$$

9.3.4 矩形、T形和I形截面的一般框架梁,其斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} \left[0.048 f_c b h_0 + 1.2 f_{\text{yv}} \frac{A_{\text{sv}}}{s} h_0 \right] \quad (9.3.4-1)$$

对集中荷载作用下的框架梁(包括有多种荷载、且其中集中荷载对节点边缘产生的剪力值占总剪力值的75%以上的情况),其斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} \left[\frac{0.14}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + f_{\text{yv}} \frac{A_{\text{sv}}}{s} h_0 \right] \quad (9.3.4-2)$$

此处,计算截面的剪跨比取值,应符合本规程第5.2.3条的规定。

9.3.5 框架梁的截面宽度不宜小于200mm;净跨不宜小于截面高度的4倍;截面高度和截面宽度的比值不宜大于4。

9.3.6 框架梁纵向钢筋的配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10的有关规定。

9.3.7 框架梁中箍筋的构造要求,应符合下列规定:

9.3.7.1 梁端箍筋的加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径,应按表 9.3.7 的规定取用。

表 9.3.7 梁端箍筋加密区的构造要求

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 $2h$ 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	$\phi 6$

注:1. 箍筋最小直径除满足表中要求外,尚不应小于纵向钢筋直径的四分之一。

2. 当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于 2% 时,箍筋最小直径应增加 2mm。

9.3.7.2 第一个箍筋应设置在距构件节点边缘不大于 50mm 处。

9.3.7.3 在箍筋加密区长度内的箍筋肢距:对一、二级抗震等级,不宜大于 200mm;对三、四级抗震等级,不宜大于 250mm。

9.3.7.4 承受地震作用为主的框架梁,沿梁全长箍筋的间距应符合本规程第 8.2.7 条的规定,其配筋率 ρ_{sv} 不应小于下列规定:

一级抗震等级 $0.035f_c/f_{yv}$

二级抗震等级 $0.030f_c/f_{yv}$

三、四级抗震等级 $0.025f_c/f_{yv}$

9.4 框 架 柱

9.4.1 考虑地震作用组合的框架柱,其正截面偏心受压、受拉承载力应按本规程第五章的规定计算,但在其所有的承载力的计算公式右边,均应除以相应的正截面承载力抗震调整系数。

9.4.2 框架柱在正截面受压承载力计算中,考虑抗震等级的节点上、下端的内力设计值的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

9.4.3 按一、二级抗震等级设计的框架结构底层柱的柱根截面的弯矩设计值,应分别乘以增大系数 1.5、1.25。

9.4.4 框架柱考虑抗震等级的剪力设计值 V_c 应按下列规定计算:

一级抗震等级

$$V_c = 1.1 \frac{(M_{cua}^t + M_{cua}^b)}{H_n} \quad (9.4.4-1)$$

或

$$V_c = 1.1 \lambda_c \frac{(M_c^t + M_c^b)}{H_n} \quad (9.4.4-2)$$

二级抗震等级

$$V_c = 1.1 \frac{(M_c^t + M_c^b)}{H_n} \quad (9.4.4-3)$$

三级抗震等级

$$V_c = \frac{(M_c^t + M_c^b)}{H_n} \quad (9.4.4-4)$$

式中 M_{cua}^t ——偏压柱上端按实配钢筋计算的正截面抗震承载力所对应的弯矩值;

M_{cua}^b ——偏压柱下端按实配钢筋计算的正截面抗震承载力所对应的弯矩值;

M_c^t ——考虑抗震等级的框架柱上端弯矩设计值;

M_c^b ——考虑抗震等级的框架柱下端弯矩设计值;

λ_c ——柱的实配增大系数,可取偏压柱上、下端实配的正截面抗震承载力所对应的弯矩值之和与其弯矩设计值之和的比值,或经分析比较后确定;

H_n ——柱的净高。

在公式(9.4.4-1)中, M_{cua}^t 与 M_{cua}^b 之和,应分别按顺时针和逆时针方向进行计算,并取其较大值。每端的 M_{cua} 值可按本规程第 9.4.1 条的规定和第五章第一节的有关公式进行计算,但在计算中应将混凝土和纵向钢筋的强度设计值以强度标准值代替,并取实配的纵向钢筋截面面积计算确定。

在公式(9.4.4-2)、(9.4.4-3)、(9.4.4-4)中, M_c^t 与 M_c^b 之和,应

分别按顺时针和逆时针方向进行计算,并取其较大值。对 M_c^+ 、 M_c^- 的取值,应符合本规程第 9.4.2 条和第 9.4.3 条的规定。

9.4.5 矩形截面框架柱的受剪截面应符合下列条件:

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.17 f_c b h_0) \quad (9.4.5)$$

9.4.6 框架柱的斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{0.14}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.048 N \right] \quad (9.4.6)$$

式中 λ ——框架柱的计算剪跨比,取 $\lambda = H_n / 2 h_0$; 当 $\lambda < 1$ 时,取 $\lambda = 1$; 当 $\lambda > 3$ 时,取 $\lambda = 3$;

N ——考虑地震作用组合的框架柱的轴向压力设计值; 当 $N > 0.3 f_c A$ 时,取 $N = 0.3 f_c A$ 。

9.4.7 当框架柱出现拉力时,其斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{0.14}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 - 0.16 N \right] \quad (9.4.7)$$

公式(9.4.7)右边括号内的计算值小于 $f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ 时,取等于 $f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ 。

式中 N ——考虑地震作用组合的框架柱的轴向拉力设计值。

9.4.8 考虑地震作用组合的框架柱的轴压比 $N / f_c A$, 不宜大于表 9.4.8 规定的限值。

表 9.4.8 框架柱的轴压比限值

抗震等级	一 级	二 级	三 级
框架柱	0.6	0.7	0.8

- 注:1. 对 H_n / h (或 H_n / d) 不大于 4 或变形要求高或 IV 类场地上的较高的高层建筑的框架柱,其轴压比限值应适当加严,此处, h 、 d 分别为柱截面的高度、直径;
2. 对框架剪力墙结构,当剪力墙部分承受的地震倾覆力矩大于本规程第 9.1.2 条注 2 的规定值较多时,其框架柱的轴压比限值可适当放宽,但不宜大于 0.8;
3. 对符合表 9.1.2 注 2 中可不进行截面抗震验算的结构,取非抗震设计的轴向压力设计值计算,其可变荷载组合值系数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11-89 表 4.1.3 采用。

9.4.9 框架柱中纵向受力钢筋、箍筋的配置均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

9.5 框架节点

9.5.1 框架节点考虑抗震等级的剪力设计值 V_j ,可按下列规定计算:

(1)一级抗震等级

顶层中间节点

$$V_j=1.05 \frac{(M_{\text{bua}}^l + M_{\text{bua}}^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \quad (9.5.1-1)$$

或

$$V_j=1.05 \lambda_j \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \quad (9.5.1-2)$$

其他层的中间节点和端节点

$$V_j=1.05 \frac{(M_{\text{bua}}^l + M_{\text{bua}}^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{\text{b0}} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (9.5.1-3)$$

或

$$V_j=1.05 \lambda_j \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{\text{b0}} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (9.5.1-4)$$

(2)二级抗震等级

顶层中间节点

$$V_j=1.05 \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \quad (9.5.1-5)$$

其他层的中间节点和端节点

$$V_j=1.05 \frac{(M_b^l + M_b^r)}{h_{\text{b0}} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{\text{b0}} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (9.5.1-6)$$

(3)对三级抗震等级的框架节点,可不进行计算。

式中 M_{bua}^l ——框架节点左侧的梁端按实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值;

M_{bua}^r ——框架节点右侧的梁端按实配钢筋计算的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值;

M_b^l ——考虑地震作用组合的框架节点左侧的梁端弯矩设计值;

M_b^r ——考虑地震作用组合的框架节点右侧的梁端弯矩设计值

计值；

h_{b0} ——梁截面有效高度，当节点两侧梁高不相同，取其平均值；

h_b ——梁的截面高度，当节点两侧梁高不相同，取其平均值；

H_c ——节点上柱和下柱反弯点之间的距离。

在公式(9.5.1-1)、(9.5.1-3)中， M_{bua}^l 与 M_{bua}^r 之和，以及在公式(9.5.1-2)、(9.5.1-4)、(9.5.1-5)、(9.5.1-6)中， M_b^l 与 M_b^r 之和，均应按本规程第9.4.2条的规定取用。

注：1. 顶层端节点的设计，应按专门规定或专门的试验确定。

2. 当框架不能符合本规程第9.4.2条要求时，框架节点的设计应根据可靠的工程经验或专门的试验确定。

9.5.2 框架节点受剪的水平截面应符合下列条件：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.24 \eta_j f_c b_j h_j) \quad (9.5.2)$$

式中 b_j ——框架节点水平截面的宽度；

h_j ——框架节点水平截面的高度，可取 $h_j = h_c$ ，此外， h_c 为框架柱的截面高度；

η_j ——梁对节点的约束影响系数：对两个正交方向有梁约束的中间节点，当梁的截面宽度均大于柱截面宽度的1/2，且框架次梁的截面高度不小于主梁截面高度的3/4时，取 $\eta_j = 1.5$ ；其它情况的节点，取 $\eta_j = 1$ 。

在式(9.5.2)中框架节点水平截面的宽度 b_j ，应按下列规定取用：

(1) 当 $b_b \geq b_c/2$ 时，可取 $b_j = b_c$ ；当 $b_b < b_c/2$ 时，可取 $b_j = b_b + 0.5 h_c$ 和 $b_j = b_c$ 二者中的较小值；此处， b_b 为梁的截面宽度， b_c 为框架柱的截面宽度；

(2) 当梁柱轴线有偏心距 e_0 时， e_0 不宜大于柱截面宽度的1/4，此时，节点宽度应取 $b_j = 0.5 b_c + 0.5 b_b + 0.25 h_c - e_0$ 、 $b_j = b_b + 0.5 h_c$ 和 $b_j = b_c$ 三者中的最小值。

9.5.3 框架节点的受剪承载力,应按下列公式计算:

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.075 \left(1 + \frac{N}{f_c b_c h_c} \right) \eta_j f_c b_j h_j + \frac{f_{yv} A_{svj}}{s} (h_{b0} - a'_s) \right] \quad (9.5.3)$$

式中 N ——考虑地震作用组合的节点上柱底部的轴向压力设计值;当 $N > 0.5 f_c b_c h_c$ 时,取 $N = 0.5 f_c b_c h_c$;

A_{svj} ——配置在框架节点宽度 b_j 范围内同一截面箍筋各肢的全部截面面积。

9.5.4 框架节点的箍筋和纵向钢筋的设置,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定。

9.6 剪力墙

9.6.1 考虑地震作用组合的剪力墙,其正截面承载力和局部受压承载力应按本规程第五章和第 8.4.3 条的规定计算,但在其正截面承载力和局部受压承载力计算公式右边,均应除以相应的承载力抗震调整系数。

9.6.2 开门窗洞而形成的双肢剪力墙,当其中一个墙肢为大偏心受拉时,则另一墙肢应按 1.25 倍的弯矩设计值和剪力设计值进行计算。

9.6.3 剪力墙考虑抗震等级的剪力设计值 V_w 应按下列规定计算:

(1)底部加强区范围内的剪力设计值

一级抗震等级

$$V_w = 1.1 \frac{M_{wua}}{M} V \quad (9.6.3-1)$$

或

$$V_w = 1.1 \lambda_w V \quad (9.6.3-2)$$

二级抗震等级

$$V_w = 1.1 V \quad (9.6.3-3)$$

三级抗震等级

$$V_w = V \quad (9.6.3-4)$$

(2)对其它部位的剪力设计值,均取 $V_w = V$ 。

式中 M_{wua} ——剪力墙底部按实配钢筋计算的正截面抗震承载力所对应的弯矩值;

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;

λ_w ——剪力墙的实配增大系数,可取剪力墙实配的正截面抗震承载力所对应的弯矩值与其弯矩设计值的比值,或经分析比较后确定。

在公式(9.6.3-1)中, M_{wua} 值可参照本规程第 5.1.15 条的规定,用第 9.4.4 条框架柱端 M_{cua} 值的相同方法确定,但应改取剪力墙的正截面承载力抗震调整系数。

9.6.4 剪力墙的受剪截面应符合下列条件:

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.17 f_c b h) \quad (9.6.4)$$

9.6.5 剪力墙在偏心受压时的斜截面受剪承载力,应按下列公式计算:

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.03 f_c b h_0 + 0.1 N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8 f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0 \right] \quad (9.6.5)$$

式中 N ——考虑地震作用组合的剪力墙的轴向压力设计值;当 $N > 0.2 f_c b h$ 时,取 $N = 0.2 f_c b h$;

λ ——计算截面处的剪跨比, $\lambda = \frac{M}{V h_0}$;当 $\lambda < 1.5$ 时,取 $\lambda = 1.5$,当 $\lambda > 2.2$ 时,取 $\lambda = 2.2$;此处, M 为与剪力设计值 V 相应的弯矩设计值;当计算截面与墙底之间的距离小于 $h/2$ 时, λ 应按距墙底 $h/2$ 处的弯矩设计值与剪力设计值计算。

9.6.6 剪力墙在偏心受拉时的斜截面受剪承载力,应按下列公式计算:

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.03 f_c b h_0 - 0.1 N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8 f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0 \right] \quad (9.6.6)$$

当公式(9.6.6)右边方括号内的计算值小于 $0.8 f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0$ 时,取等于 $0.8 f_{yv} \frac{A_{sh}}{s} h_0$ 。

式中 N ——考虑地震作用组合的剪力墙的轴向拉力设计值;
 λ ——计算截面处的剪跨比,按本规程第 9.6.5 条规定取用。

9.6.7 按一级抗震等级设计的剪力墙,其水平施工缝处的受剪承载力应符合下列规定:

(1)当施工缝承受轴向压力时

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.5 f_y A_s + 0.8 N) \quad (9.6.7-1)$$

(2)当施工缝承受轴向拉力时

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.5 f_y A_s - 0.8 N) \quad (9.6.7-2)$$

式中 N ——考虑地震作用组合的水平施工缝处的轴向力设计值;
 A_s ——剪力墙水平施工缝处全部竖向钢筋的截面面积(包括腹板内的竖向分布钢筋、附加竖向插筋以及端部暗柱、端柱或翼柱内竖向钢筋的截面面积)。

9.6.8 剪力墙洞口处的连系梁,当跨高比大于 2.5 时,其承载力可按下列规定计算:

(1)正截面受弯承载力可按本规程第 5.1.5 条或第 5.1.6 条的规定进行计算,但在其正截面受弯承载力计算公式右边,应除以相应的承载力抗震调整系数;

(2)受剪斜截面应符合本规程第 9.3.3 条的规定;斜截面受剪承载力可按下列公式计算:

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.048 f_c b h_0 + 0.8 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \right] \quad (9.6.8)$$

式中 V_b ——连系梁的剪力设计值,可参照本规程第 9.3.2 条的规定计算。

注:对跨高比不大于 2.5 的连系梁,其斜截面受剪承载力和配筋构造,应按专门规定采用。

9.6.9 剪力墙的厚度应符合下列规定:

9.6.9.1 剪力墙结构

对一级抗震等级,不应小于 160mm,且不应小于楼层高度的 1/20;对二、三、四级抗震等级,不应小于 140mm,且不应小于楼层高度的 1/25。

9.6.9.2 框架剪力墙结构

不应小于 160mm,且不应小于楼层高度的 1/20。

9.6.10 剪力墙宜设置洞口,且上下各层洞口宜对齐;如使用要求错洞布置时,洞口错开的水平距离宜大于 2m。

9.6.11 剪力墙的水平 and 竖向分布钢筋的配筋率,不应小于表 9.6.11 规定的数值;分布钢筋的间距不应大于 300mm,直径不应小于 8mm。

表 9.6.11 剪力墙水平和竖向分布钢筋的最小配筋百分率(%)

抗震等级	墙体部位	
	一般部位	加强部位
一级	0.25	0.25
二级	0.20	0.25
三、四级	0.15	0.20

注:1. 剪力墙结构的加强部位应按本规程第 8.4.10 条的规定确定;

2. 对三级抗震等级、Ⅳ类场地上较高的高层建筑,其一般部位的最小配筋百分率按二级抗震等级的数值取用。

9.6.12 剪力墙结构的分布钢筋按下列规定配置:对一级抗震等级的所有部位、二级抗震等级的加强部位,应采用双排钢筋;对二级抗震等级的一般部位和三、四级抗震等级的加强部位,宜采用双排钢筋。

对配置双排钢筋和拉筋的要求,尚应符合本规程第 8.4.12 条

的规定。

9.6.13 对一、二级抗震等级的剪力墙和三级抗震等级剪力墙结构加强部位的剪力墙,其端部应设置暗柱、端柱或翼柱(图 9.6.13)。

暗柱的截面面积宜取墙端 $1.5b \sim 2b$ 范围内的截面面积, b 为墙的厚度;对带翼缘剪力墙,其翼柱截面面积宜取暗柱及其翼缘两侧各不超过 $2h_f$ 范围内的截面面积, h_f 为翼缘厚度。

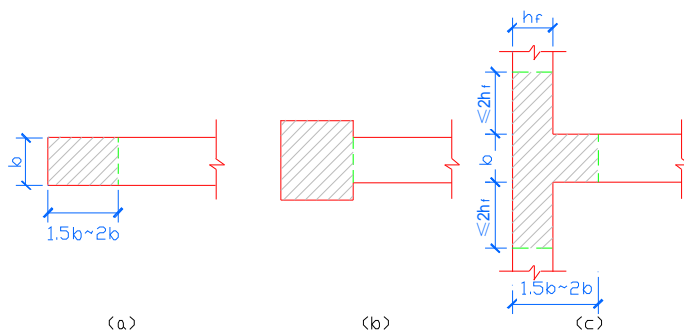


图 9.6.13 剪力墙端部暗柱、端柱、翼柱的截面面积
(a)暗柱;(b)端柱;(c)翼柱

9.6.14 剪力墙端部设置的暗柱、端柱或翼柱的构造配筋不应小于表 9.6.14 规定的数值。

表 9.6.14 剪力墙端部暗柱、端柱、翼柱构造配筋要求

抗震等级	底部加强部位			其他部位		
	纵向钢筋	箍筋、拉筋		纵向钢筋	箍筋、拉筋	
		最小直径	最大间距		最小直径	最大间距
一级	$0.015 A_c$	$\phi 8$	100mm	$0.012 A_c$	$\phi 8$	150mm
二级	$0.012 A_c$	$\phi 8$	150mm	取 $0.01 A_c$ 或 $4 \phi 12$ 两者中的较大值	$\phi 8$	200mm
三级	取 $0.005 A_c$ 或 $2 \phi 14$ 两者中的较大值	$\phi 6$	150mm	取 $0.005 A_c$ 或 $2 \phi 14$ 两者中的较大值	$\phi 6$	200mm
四级	$2 \phi 12$	$\phi 6$	150mm	$2 \phi 12$	$\phi 6$	200mm

注: A_c 为暗柱、端柱的截面面积,翼柱的 A_c 取其暗柱的截面面积。

9.6.15 连系梁上下水平钢筋伸入墙内的长度不应小于本规程第 9.1.4 条规定的数值。在顶层连系梁伸入墙体的钢筋长度范围内仍应设置间距为 150mm 的构造箍筋。

9.6.16 框架剪力墙结构中的现浇剪力墙的构造要求,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

附录 A 轻骨料素混凝土结构构件计算

A.1 一般规定

A.1.1 轻骨料素混凝土构件主要用于受压构件。

A.1.2 轻骨料素混凝土结构构件应进行正截面承载力计算,对承受局部荷载的部位尚应进行局部受压承载力计算。

A.1.3 轻骨料素混凝土墙和柱的计算长度 l_0 可按下列规定采用:

(1)两端支承在刚性的横向结构上时: $l_0=1.0H$;

(2)具有弹性移动支座时: $l_0=1.25H\sim 1.50H$;

(3)对自由独立的墙和柱: $l_0=2.0H$ 。

此处, H 为墙或柱的高度,以层高计。

A.1.4 轻骨料素混凝土结构伸缩缝的最大间距,可按表 A.1.4 的规定采用。

表 A.1.4 轻骨料素混凝土结构伸缩缝最大间距(m)

结 构 类 型	室内或土中	露 天
装配式结构(壁板建筑)	60	—
装配式结构(其它建筑)	40	30
现浇式结构(配有构造钢筋)	30	20
现浇式结构(未配构造钢筋)	20	10

A.2 受压构件

A.2.1 轻骨料素混凝土受压构件,当接受压承载力计算时,不考虑受拉区混凝土的工作,并假定受压区的法向应力图形为矩形,其应力值等于轻骨料素混凝土的轴心抗压强度设计值,此时,轴向力作用点与受压区混凝土合力点相重合。

截面对称于弯矩作用平面的受压构件,其受压承载力应按下列公式计算:

$$N \leq \varphi f_{cc} A'_c \quad (\text{A.2.1-1})$$

受压区高度 x 应按下列条件确定:

$$e_c = e_0 \quad (\text{A.2.1-2})$$

此时,轴向力至截面重心的距离 e_0 尚应符合下列要求:

$$e_0 \leq 0.9 y'_0 \quad (\text{A.2.1-3})$$

对矩形截面的受压构件,其受压承载力应按下列公式计算(图 A.2.1):

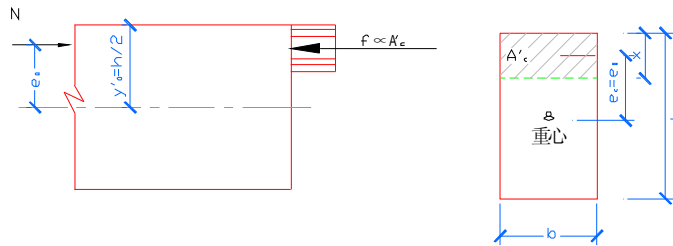


图 A.2.1 矩形截面的轻骨料素混凝土受压构件受压承载力计算

$$N \leq \varphi f_{cc} b(h - 2e_0) \quad (\text{A.2.1-4})$$

式中 N ——轴向力设计值;

φ ——轻骨料素混凝土构件的稳定系数,按表(A.2.1)采用;

f_{cc} ——轻骨料素混凝土的轴心抗压强度设计值,其值由表 3.1.5 规定的轻骨料混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 值乘以系数 0.95 确定;

A'_c ——轻骨料素混凝土受压区的截面面积;

e_c ——受压区轻骨料素混凝土的合力点至截面重心的距离;

y'_0 ——截面重心至受压区边缘的距离;

b ——截面宽度;

h ——截面高度。

当按公式(A.2.1-1)或公式(A.2.1-4)计算时,对 $e_0 \geq 0.45 y'_0$ 的受压构件,应在轻骨料混凝土受拉区配置构造钢筋,其配筋率不少于构件截面面积的 0.05%。但如能符合公式(A.2.2-1)或公式(A.2.2-2)的条件时,可不配置此项构造钢筋。

表 A.2.1 轻骨料素混凝土构件的稳定系数 φ

l_0/b	<4	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
l_0/i	<14	14	21	28	35	42	49	56	63	70	76	83
φ	1.00	0.96	0.92	0.87	0.80	0.73	0.66	0.59	0.53	0.48	0.43	0.39

注:在计算 l_0/b 时, b 的取值:对偏心受压构件,取弯矩作用平面的截面高度;对轴心受压构件,取截面短边尺寸。

A.2.2 对不允许开裂的轻骨料素混凝土受压构件(如处于液体压力下的受压构件、女儿墙等),当 $e_0 \geq 0.45 y'_0$ 时,其受压承载力应按下列公式计算:

对称于弯矩作用平面的截面

$$N \leq \varphi \frac{\gamma f_{ct} A}{\frac{e_0 A}{W} - 1} \quad (\text{A.2.2-1})$$

矩形截面

$$N \leq \varphi \frac{\gamma f_{ct} b h}{\frac{6 e_0}{h} - 1} \quad (\text{A.2.2-2})$$

式中 f_{ct} ——轻骨料素混凝土抗拉强度设计值,其值由表 3.1.5 规定的轻骨料混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 值乘以系数 0.6 确定;

γ ——截面抵抗矩塑性系数,按本规程附录 D 取用;

W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

A ——截面面积。

A.2.3 轻骨料素混凝土偏心受压构件,除应计算弯矩作用平面

的受压承载力外,还应按轴心受压构件验算垂直于弯矩作用平面的受压承载力。此时,不考虑弯矩作用,但应考虑稳定系数 φ 的影响。

A.3 受弯构件

A.3.1 轻骨料素混凝土受弯构件的受弯承载力应按下列公式计算:

对称于弯矩作用平面的截面

$$M \leq \gamma f_{ct} W \quad (\text{A.3.1-1})$$

矩形截面

$$M \leq \frac{\gamma f_{ct} b h^2}{6} \quad (\text{A.3.1-2})$$

式中 M ——弯矩设计值。

A.4 局部构造钢筋

A.4.1 轻骨料素混凝土结构在下列情况下应设置构造钢筋:

A.4.1.1 结构截面尺寸急剧变化处。

A.4.1.2 墙壁高度改变处(在不小于 1m 范围内配置)。

A.4.1.3 轻骨料素混凝土墙壁中洞口周围。

注:当设置局部构造钢筋后,伸缩缝的间距仍应按表 A.1.4 类别 4 的结构采用。

A.5 局部受压

A.5.1 轻骨料素混凝土构件的局部受压承载力应按下列公式计算:

在局部受压面上仅有局部荷载作用时

$$F_l \leq \omega \beta f_{cc} A_l \quad (\text{A.5.1-1})$$

在局部受压面上尚有非局部荷载作用时

$$F_l \leq \omega \beta (f_{cc} - \sigma) A_l \quad (\text{A.5.1-2})$$

式中 F_l ——局部受压面上作用的局部荷载或局部压力设计值;

A_l ——局部受压面积；

ω ——荷载分布的影响系数：当局部受压面上的荷载为均匀分布时，取 $\omega=1.0$ ；当局部荷载为非均匀分布时（如梁、过梁等的端部支承面），取 $\omega=0.75$ ；

σ ——非局部荷载设计值产生的混凝土压应力；

β ——轻骨料混凝土局部受压时的强度提高系数，应按本规程第 5.5.1 条的规定计算。

附录 B 钢筋轻骨料混凝土矩形 截面受弯构件纵向受拉钢筋截 面面积计算方法

B.0.1 钢筋轻骨料混凝土矩形截面受弯构件,当仅配有纵向受拉钢筋时,其截面面积可按下列公式确定:

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s f_y h_0} \quad (\text{B.0.1-1})$$

或

$$A_s = \frac{\xi f_{cm} b h_0}{f_y} \quad (\text{B.0.1-2})$$

此处,公式中的系数 γ_s 和 ξ 可根据求得的系数 α_s 查表 B 确定。

系数 α_s 可按下列公式计算:

$$\alpha_s = \frac{M}{f_{cm} b h_0^2} \quad (\text{B.0.1-3})$$

表 B 钢筋轻骨料混凝土矩形截面受弯构件
正截面受弯承载力计算系数表

ξ	γ_s	α_s	ξ	γ_s	α_s
0.01	0.995	0.010	0.14	0.930	0.130
0.02	0.990	0.020	0.15	0.925	0.139
0.03	0.985	0.030	0.16	0.920	0.147
0.04	0.980	0.039	0.17	0.915	0.155
0.05	0.975	0.048	0.18	0.910	0.164
0.06	0.970	0.058	0.19	0.905	0.172
0.07	0.965	0.067	0.20	0.900	0.180
0.08	0.960	0.077	0.21	0.895	0.188
0.09	0.955	0.085	0.22	0.890	0.196
0.10	0.950	0.095	0.23	0.885	0.203
0.11	0.945	0.104	0.24	0.880	0.211
0.12	0.940	0.113	0.25	0.875	0.219
0.13	0.935	0.121	0.26	0.870	0.226

ξ	γ_s	α_s	ξ	γ_s	α_s
0.27	0.865	0.234	0.44	0.780	0.343
0.28	0.860	0.241	0.45	0.775	0.349
0.29	0.855	0.248	0.46	0.770	0.354
0.30	0.850	0.255	0.47	0.765	0.359
0.31	0.845	0.262	0.48	0.760	0.365
0.32	0.840	0.269	0.49	0.755	0.370
0.33	0.835	0.275	0.495	0.753	0.372
0.34	0.830	0.282	0.50	0.750	0.375
0.35	0.825	0.289	0.510	0.745	0.380
0.36	0.820	0.295	0.52	0.740	0.385
0.37	0.815	0.301	0.521	0.740	0.385
0.38	0.810	0.309	0.53	0.735	0.390
0.39	0.805	0.314	0.54	0.730	0.394
0.40	0.800	0.320	0.55	0.725	0.400
0.41	0.795	0.326	0.56	0.720	0.403
0.42	0.790	0.332	0.57	0.715	0.408
0.43	0.785	0.337	0.576	0.712	0.410

注：表中 $\xi=0.495$ 以下的数值不适用于Ⅲ级钢筋； $\xi=0.510$ 以下的数值不适用于钢筋直径 $d \leq 25\text{mm}$ 的Ⅱ级钢筋； $\xi=0.521$ 以下的数值不适用于钢筋直径 $d=28 \sim 40\text{mm}$ 的Ⅱ级钢筋。

附录 C 钢筋轻骨料混凝土双向受弯构件 正截面受弯承载力近似计算方法

C.0.1 钢筋轻骨料混凝土双向受弯构件正截面受弯承载力可按下列情况计算：

C.0.1.1 矩形和受压区在翼缘内的倒 L 形、T 形截面双向受弯构件，其正截面受弯承载力可采取混凝土受压区面积为矩形的近似假定，并根据内、外弯矩作用平面相重合的条件确定。当仅考虑集中配置的纵向受拉钢筋时(图 C.0.1 a、b、c)，可按下列公式计算：

$$M \leq \frac{f_y A_s}{\cos \beta} \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$x = \frac{f_y A_s}{f_{cm} b_s} \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$b_s = b_0 - h_0 \tan \beta + \sqrt{(b_0 - h_0 \tan \beta)^2 + \frac{f_y A_s}{f_{cm}} \tan \beta} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$\tan \beta = \frac{M_y}{M_x} \quad (\text{C.0.1-4})$$

上述公式应符合下列条件：对矩形截面， $b_0 \geq h_0 \tan \beta$ 、 $b_s \leq b$ 及 $x \leq \xi_b h_0$ ；对倒 L 形和 T 形截面， $b_0 \geq h_0 \tan \beta$ ， $b_s \leq b'_f$ 及 $x \leq h'_f$ 。
式中 x ——轻骨料混凝土受压区面积假定为矩形时的受压区计算高度；

b_s ——轻骨料混凝土受压区面积假定为矩形时的受压区计算宽度；

β ——弯矩作用平面与垂直平面的夹角；

M_x ——弯矩设计值在 x 轴上的分量；

M_y ——弯矩设计值在 y 轴上的分量。

注：对预应力轻骨料混凝土受弯构件，以上各公式中，应将 $f_y A_s$ 以 $f_y A_s + f_{py} A_p$ 代替。

C.0.1.2 对夹角 $\beta=0$ 且受拉钢筋合力点在腹板宽度中线上时的倒 L 形截面受弯构件，可不考虑翼缘的作用，近似按腹板宽度 b 的矩形截面计算其正截面受弯承载力(图 C.0.1 d)。

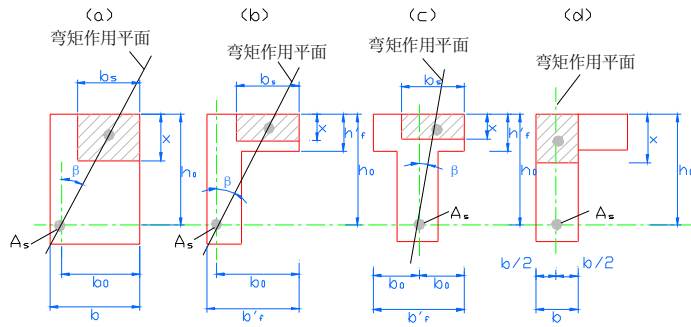

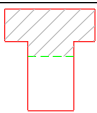
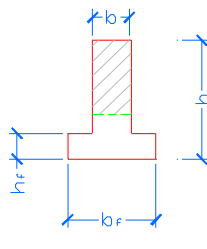
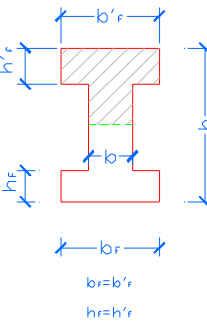


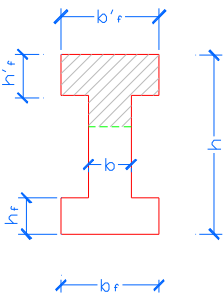
图 C.0.1 矩形、倒 L 形和 T 形截面双向受弯构件轻骨料混凝土受压区位置
(a) 矩形截面；(b) 倒 L 形截面；(c) T 形截面；
(d) $\beta=0$ 时的倒 L 形截面

附录 D 截面抵抗矩塑性系数

表 D 截面抵抗矩塑性系数表

截面特征	γ	截面图形
矩形截面	1.75	
翼缘位于受压区的 T 形截面	1.75	
翼缘位于受拉区的 T 形截面		
1) $\frac{b_f}{b} \leq 2.0$, $\frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.75	
2) $\frac{b_f}{b} > 2.0$, $\frac{h_f}{h} \geq 0.2$	1.75	
3) $\frac{b_f}{b} > 2.0$, $\frac{h_f}{h} < 0.2$	1.50	
对水平轴对称的 I 形或箱形截面		
1) $\frac{b_f}{b} \leq 2.0$, $\frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.75	
2) $2 < \frac{b_f}{b} \leq 6$, $\frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.50	
3) $\frac{b_f}{b} > 6$, $\frac{h_f}{h} \geq 0.2$	1.50	
4) $6 < \frac{b_f}{b} \leq 15$, $\frac{h_f}{h} < 0.2$	1.25	
5) $\frac{b_f}{b} > 15$, $\frac{h_f}{h} < 0.1$	1.10	

截面特征	γ	截面图形
对水平轴不对称的 I 形或箱形截面		
1) $\frac{b'_f}{b} \leq 3, \frac{b_f}{b} \leq 2, \frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.75	
2) $\frac{b'_f}{b} \leq 3, 2 < \frac{b_f}{b} \leq 6, \frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.50	
3) $\frac{b'_f}{b} \leq 3, \frac{b_f}{b} > 6, \frac{h_f}{h} > 0.1$	1.50	
4) $3 < \frac{b'_f}{b} < 8, \frac{b_f}{b} \leq 4, \frac{h_f}{h}$ 为任意值	1.50	
5) $3 < \frac{b'_f}{b} < 8, \frac{b_f}{b} > 4, \frac{h_f}{h} \geq 0.2$	1.50	
6) $3 < \frac{b'_f}{b} < 8, \frac{b_f}{b} > 4, \frac{h_f}{h} < 0.2$	1.25	
7) $\frac{b'_f}{b} \geq 8, \frac{h_f}{h} > 0.3$	1.50	
8) $\frac{b'_f}{b} \geq 8, \frac{h_f}{h} \leq 0.3$	1.25	



注：1. 表中箱形截面的 b 值系指各腹板宽度的总和；
 2. 对矩形截面的板类构件，当 $h \leq 30\text{mm}$ 时，取 $\gamma = 2.2$ ，当 $h > 30\text{mm}$ 时，取 $\gamma = 1.75$ 。

附录 E 钢筋的计算截面面积及公称质量

表 E.1 钢筋的计算截面面积及公称质量表

直径 d (mm)	不同根数钢筋的计算截面面积 (mm ²)									单根钢筋 公称质量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	7.1	14.1	21.2	28.3	35.3	42.4	49.5	56.5	63.6	0.055
4	12.6	25.1	37.7	50.2	62.8	75.4	87.9	100.5	113	0.099
5	19.6	39	59	79	98	118	138	157	177	0.154
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
7	38.5	77	115	154	192	231	269	308	346	0.302
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
8.2	52.8	106	158	211	264	317	370	423	475	0.432
9	63.6	127	191	254	318	382	445	509	572	0.499
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1230	1387	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1526	1780	2036	2290	2.00
20	314.2	628	941	1256	1570	1884	2200	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.3	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.3	1609	2418	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.1	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87

注：表中直径 $d=8.2\text{mm}$ 的计算截面面积及公称质量仅适用于有纵肋的热处理钢筋。

表 E.2 钢绞线的计算截面面积及公称质量表

钢绞线规格		直 径 d (mm)	钢绞线计算 截面面积 (mm ²)	单根钢绞线 公称质量 (kg/km)
二 股		10.0	39.5	310
		12.0	56.9	447
三 股		10.8	59.3	465
		12.9	85.4	671
七 股	标准型	9.5	54.8	432
		11.1	74.2	580
		12.7	98.7	774
		15.2	139.0	1101
	模拔型	12.7	112.0	890
		15.2	165.0	1295

注：钢绞线直径 d 系指钢绞线截面的外接圆直径，即钢绞线标准 GB5224—95 中的公称直径 D_g 。

附录 F 本规程用词说明

F.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样作不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
3. 对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的：
正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

F.0.2 条文中指明必须按其他有关标准执行的写法为，“应按……执行”或“应符合……的规定”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主编单位： 中国建筑科学研究院
参加单位： 上海市建筑科学研究院
辽宁省建设科学研究院
天津市建筑设计院
哈尔滨建筑大学
天津大学
太原工业大学
浙江大学

主要起草人： 顾万黎 朱聘儒 刁廷礼 邓景纹
张效良 林文在 高永孚 白生翔
姚崇德