

中国工程建设标准化协会标准

钢管混凝土叠合柱
结构技术规程

**Technical specification for steel
tube-reinforced concrete
column structure**

CECS 188 : 2005

主编单位:清 华 大 学
辽宁省建筑设计研究院
批准单位:中国工程建设标准化协会
施行日期:2 0 0 5 年 1 1 月 1 日

中 国 计 划 出 版 社

2005 北 京

深圳市建筑设计研究总院
上海江欢成建筑设计有限公司
汕头大学
哈尔滨工业大学
抚顺市建筑设计研究院
沈阳健晖混凝土有限公司
唐山学院

主要起草人：钱稼茹 林立岩 （以下按姓氏笔画排列）
王 湛 王启文 王德顺 牛盾生 江欢成
孙国智 李 惠 李庆钢 佟威豪 林 南
尚东炜 张忠刚 赵作周 康洪震

中国工程建设标准化协会
2005年8月31日

前 言

根据中国工程建设标准化协会(2002)建标协字第 12 号文《关于印发中国工程建设标准化协会 2002 年第一批标准制、修订项目计划的通知》的要求,编制本规程。

钢管混凝土叠合柱是在钢筋混凝土柱的截面中部设置钢管混凝土的一种叠合构件,已形成我国自主开拓的一种结构体系。它较钢筋混凝土和钢骨混凝土(也称型钢混凝土)柱具有更优良的抗压性能和抗震性能。本规程是在叠合柱抗震性能和设计方法研究、叠合柱轴向受压试验、叠合柱在轴压力和反复水平力作用下的试验和钢筋混凝土梁-叠合柱连接节点核芯区抗剪性能试验,以及叠合柱高层建筑工程试点的基础上编制的。

本规程的主要技术内容是:总则,术语和符号,材料,荷载和地震作用,结构设计基本规定,叠合柱框架设计,钢管混凝土剪力墙设计,构件连接,结构施工及验收。

根据国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准发布协会标准《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》,编号为 CECS 188:2005,推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会(CECS/TC 5)归口管理,由清华大学土木工程系(北京 100084; E-mail: qianjr@mail. tsinghua. edu. cn)负责解释。在使用中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 清华大学

辽宁省建筑设计研究院

参 编 单 位: 沈阳市建筑研究院

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	主要符号	(2)
3	材 料	(6)
4	荷载和地震作用	(9)
5	结构设计基本规定	(10)
5.1	结构设计	(10)
5.2	结构计算	(14)
6	叠合柱框架设计	(17)
6.1	一般规定	(17)
6.2	叠合柱设计	(18)
7	钢管混凝土剪力墙设计	(27)
8	构件连接	(33)
8.1	钢管接长	(33)
8.2	梁柱连接	(34)
8.3	组合柱与叠合柱连接	(41)
8.4	叠合柱柱脚	(42)
9	结构施工及验收	(43)
9.1	一般规定	(43)
9.2	钢管施工	(43)
9.3	钢管内混凝土施工	(44)
9.4	钢管外混凝土施工	(46)
9.5	叠合柱结构工程验收	(46)

附录 A 叠合柱框架梁柱节点核芯区截面抗剪验算	(48)
本规程用词说明	(50)
附:条文说明	(52)

1 总 则

1.0.1 为在房屋建筑工程中合理应用钢管混凝土叠合柱结构,做到安全适用、技术先进、经济合理、方便施工,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用钢管混凝土叠合柱结构的非抗震和抗震设防烈度为 6~9 度的民用建筑结构的设计及施工。钢管混凝土叠合柱的钢管混凝土部分和钢管外钢筋混凝土部分可不同期施工,也可同期施工。

1.0.3 钢管混凝土叠合柱结构的设计及施工,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 钢管混凝土叠合柱 steel tube-reinforced concrete column

由截面中部钢管混凝土和钢管外钢筋混凝土叠合而成的柱。简称叠合柱。叠合柱可为方形截面、矩形截面或圆形截面。叠合柱的内外组成部分可不同期施工,也可同期施工。不同期施工是指,先浇筑管内混凝土形成钢管混凝土柱,承受部分施工期间的竖向荷载,后浇筑管外混凝土。同期施工是指,同时浇筑钢管内混凝土和钢管外混凝土。同期施工的叠合柱可称组合柱。

2.1.2 叠合柱结构 steel tube-reinforced concrete column structure

采用钢管混凝土叠合柱的建筑物。

2.1.3 含管率 steel tube area ratio

叠合柱中钢管截面面积与叠合柱全截面面积的比值。

2.1.4 钢管混凝土剪力墙 steel tube-reinforced concrete shear wall

边缘构件内设置钢管混凝土的剪力墙。包括无端柱钢管混凝土剪力墙和有端柱钢管混凝土剪力墙。

2.2 主要符号

2.2.1 作用效应和抗力

$\sum M_c$ ——节点上下柱端截面顺时针或反时针方向组合的弯矩设计值之和;

M ——弯矩设计值;

N ——轴力设计值;

N_i ——浇筑钢管外混凝土前钢管混凝土柱已承受的轴压力；

N_{cc} ——叠合柱钢管内混凝土承受的轴压力设计值；

N_{co} ——叠合柱钢管外钢筋混凝土承受的轴压力设计值；

N_u ——钢管混凝土柱的轴心受压承载力；

V ——剪力设计值。

2.2.2 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量；

E_s ——钢管钢材弹性模量；

E_s ——钢筋弹性模量；

G_c ——混凝土剪变模量；

G_s ——钢管钢材剪变模量；

f_{sy} ——钢管钢材屈服强度；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_s ——钢管钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_v ——钢管钢材抗剪强度设计值；

f_{yk} ——钢筋强度标准值；

f_y 、 f'_y ——钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；

f_{yh} ——水平钢筋抗拉强度设计值；

β_c ——混凝土强度影响系数。

2.2.3 几何参数

a ——剪力墙端部纵筋和钢管两者重心至截面近端的距离；

b ——叠合柱截面宽度，矩形截面叠合柱的短边尺寸；

b_j ——节点核芯区的截面有效验算宽度；

b_w ——剪力墙厚度；

d_s ——钢管混凝土柱的外径；

d ——钢筋直径；圆形截面叠合柱的外径；

- h ——截面高度；
 h_0 ——柱截面有效高度；
 h_{b0} ——梁截面有效高度；
 l ——叠合柱长度；
 l_e ——钢管混凝土柱的等效计算长度；
 l_0 ——叠合柱的计算长度；
 s ——箍筋间距；
 t ——钢管壁厚，钢板厚度；
 A ——构件全截面面积；
 A_c ——计算无端柱钢管混凝土剪力墙端部按构造要求配置的
 钢管截面面积时取用的剪力墙截面面积；
 A_{co} ——叠合柱钢管外钢筋混凝土的截面面积；
 A_{cc} ——钢管内混凝土的截面面积；
 A_s ——钢管截面面积；
 A_s, A'_s ——纵向受拉钢筋、纵向受压钢筋的截面面积；
 A_{ss} ——叠合柱全部纵向钢筋的截面面积；
 A_{sv} ——同一截面内各肢箍筋、拉筋的全部截面面积；
 A_w ——剪力墙腹板的截面面积；
 I ——构件截面在所计算方向对其形心轴的惯性矩；
 W_{bp} ——梁的塑性截面抵抗矩。
- #### 2.2.4 计算系数及其他
- m ——叠合柱的叠合比；
 n ——叠合柱钢管外钢筋混凝土的轴压比；钢管混凝土剪力
 墙的轴压比；
 λ ——剪跨比；
 θ ——钢管混凝土套箍指标；
 φ ——叠合柱的稳定系数；
 φ_1 ——考虑长细比影响的钢管混凝土柱轴心受压承载力折减
 系数；

- η_c ——柱端弯矩增大系数；
- η_j ——正交梁的约束影响系数；
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
- ρ_n ——叠合柱的含管率；
- ρ_n ——叠合柱纵向钢筋总配筋率。

3 材 料

3.0.1 钢管和结构用钢材宜采用 Q235B 钢或 Q345B 钢,其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。当采用其他牌号的钢材时,其质量应符合相应现行标准的规定。钢材的力学性能应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

3.0.2 钢材的强度值应根据钢材厚度按表 3.0.2 的规定采用。钢材的弹性模量 E_s 可取 $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 钢材的剪变模量 G_s 可取 $7.9 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 。

表 3.0.2 钢材的强度 (N/mm^2)

钢材牌号	厚度 (mm)	屈服强度 f_{sy}	强度设计值	
			抗拉、抗压和抗弯 f_c	抗剪 f_v
Q235	≤ 16	235	215	125
	$> 16 \sim 40$	225	205	120
Q345	≤ 16	345	310	180
	$> 16 \sim 35$	325	295	170

3.0.3 钢管可采用直缝焊接钢管、螺旋缝焊接钢管或无缝钢管。焊接钢管应采用对接熔透焊缝,焊缝强度不应低于管材强度,焊缝质量应符合一级标准。钢管应由专业工厂生产,并提供符合标准要求的出厂质量合格证。钢管的尺寸规格宜按我国钢管厂提供的产品目录选用。钢管现场接长时必须采用坡口熔透焊缝,焊缝质量不应低于二级标准。其他焊缝质量应符合二级标准。

3.0.4 焊接材料应符合下列要求:

1 手工焊接采用的焊条,应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 或《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定,选择的焊条型

号应与主体金属的力学性能相适应。

2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属的力学性能相适应,并应符合现行国家标准的规定。

3.0.5 焊缝应符合现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。焊缝的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用。

3.0.6 叠合柱的钢筋宜优先采用延性、韧性和可焊性好的钢筋。纵向受力钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级热轧钢筋,也可采用 HPB235 级和 RRB400 级钢筋。箍筋宜采用 HRB335 级、HRB400 级和 HPB235 级热轧钢筋。对抗震等级为一、二级的框架结构,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,且钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

3.0.7 钢筋的强度标准值 f_{yk} 和抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f'_y 应按表 3.0.7 采用。

表 3.0.7 钢筋强度标准值和设计值(N/mm²)

种 类		直径 d (mm)	标准值 f_{yk}	设计值 f_y, f'_y
热 轧 钢 筋	HPB235(Q235)	8~20	235	210
	HRB335(20MnSi)	6~50	335	300
	HRB400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	6~50	400	360
	RRB400(K20MnSi)	8~40	400	360

注:对轴心受拉和小偏心受拉构件,当钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm² 时,应按 300N/mm² 取用。

3.0.8 钢筋的弹性模量 E_s 应按下列规定采用:HPB235 级钢筋可取 2.1×10^5 N/mm², HRB335 级钢筋、HRB400 级钢筋、RRB400 级钢筋可取 2.0×10^5 N/mm²。

3.0.9 混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值 f_{ck} 、 f_{tk} 和轴心抗压、轴心抗拉强度设计值 f_c 、 f_t 应按表 3.0.9 采用。

表 3.0.9 混凝土强度标准值和设计值(N/mm²)

强度种类		混凝土强度等级												
		C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80	C85	C90	C95	C100
标准值	f_{ck}	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2	53.0	55.9	58.7	61.5
	f_{tk}	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11	3.16	3.21	3.25	3.29
设计值	f_c	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9	37.9	39.9	41.9	43.9
	f_t	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22	2.26	2.29	2.32	2.35

3.0.10 当混凝土强度等级不高于 C80 时,其弹性模量 E_c 应按表 3.0.10 采用;当混凝土强度等级高于 C80 时,其弹性模量可按表 3.0.10 采用,也可根据实测结果确定。混凝土的剪变模量 G_c 可按混凝土弹性模量的 0.4 倍采用。

表 3.0.10 混凝土弹性模量($\times 10^4$ N/mm²)

混凝土强度等级	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80	C85	C90	C95	C100
E_c	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00

3.0.11 叠合柱结构的耐火等级可采用钢筋混凝土柱相应结构的耐火等级。

4 荷载和地震作用

4.0.1 设计叠合柱结构采用的荷载标准值,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

4.0.2 按有地震作用效应组合设计的叠合柱结构承受的地震作用,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采用。

4.0.3 叠合柱结构的计算自振周期,应根据填充墙的数量和刚度予以折减。当填充墙为砖墙或小砌块墙时,计算自振周期的折减系数 Ψ_T 可取:框架结构 0.6~0.7,框架-剪力墙结构 0.7~0.8,框架-核心筒结构 0.8~0.9,部分框支剪力墙结构 0.8~1.0。

4.0.4 叠合柱结构在多遇地震和罕遇地震下的阻尼比可取 0.05。

5 结构设计基本规定

5.1 结构设计

5.1.1 叠合柱结构中叠合柱的布置应符合下列规定:

1 当部分框支剪力墙结构的框支柱采用叠合柱时,全部框支柱宜采用不同期施工的叠合柱,其钢管至少应伸至框支层顶部转换构件的顶面。

2 对部分框支剪力墙结构以外的其他结构,当高度不超过 A 级高度钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度的结构采用叠合柱时,叠合柱(含组合柱)至少应伸至房屋高度的 $1/3$ 处;当高度接近或达到 B 级高度钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度的结构采用叠合柱时,叠合柱(含组合柱)至少应伸至房屋高度的 $2/3$ 处;以上部分可采用钢筋混凝土柱。

3 对采用叠合柱的楼层,其全部框架柱或框筒柱宜采用叠合柱(含组合柱)。

4 叠合柱的钢管至少应伸至地下一层的底板,柱脚可设置在地下一层的底板和地下二层的钢筋混凝土柱内。

注:A 级高度和 B 级高度钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度,应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

5.1.2 叠合柱结构中钢管混凝土剪力墙的布置应符合下列规定:

1 按抗震设计的叠合柱结构,当其高度超过 A 级高度钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度时,剪力墙底部加强部位及以上一层或以上若干层宜布置钢管混凝土剪力墙。

2 剪力墙的下列位置宜设置钢管混凝土:无端柱剪力墙(墙上可无洞口,或有一列洞口,或有多列洞口)的两端,宽度超过 4m 的洞口两侧,筒的转角,有端柱剪力墙的端柱内,以及其他重要位置。

3 钢管混凝土剪力墙的钢管至少应伸至地下一层的底板,柱脚可设置在地下一层的底板和地下二层的钢筋混凝土墙内。

4 无端柱和有端柱钢管混凝土剪力墙的钢管内混凝土与钢管外钢筋混凝土应同期施工,当钢管内、外混凝土的强度等级不同时,应先浇筑管内混凝土。

5.1.3 叠合柱结构可采用钢筋混凝土楼盖或钢-混凝土组合楼盖。当采用钢筋混凝土楼盖时,其梁可采用钢筋混凝土梁或钢骨混凝土梁(型钢混凝土梁)。对采用钢筋混凝土楼盖的叠合柱结构,当按 8、9 度抗震设防时或房屋高度大于 50m 时,应采用现浇楼盖;对按 6、7 度抗震设防的房屋,当其高度不大于 50m 时,可采用装配整体式楼盖。当采用钢-混凝土组合楼盖时,应采用现浇混凝土楼板。

5.1.4 叠合柱结构的建筑抗震设防类别和抗震设防标准,应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

5.1.5 按抗震设计的叠合柱结构的建筑设计、结构体系和结构布置要求、结构规则性要求、不规则类型判别和不规则结构设计要求,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

5.1.6 叠合柱结构乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应符合表 5.1.6 的规定,其抗震等级和抗震措施应符合本规程相应条文的规定。

表 5.1.6 叠合柱结构的最大适用高度(m)

结构类型	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6 度	7 度	8 度	9 度
框架	70	60	55	45	25
框架-剪力墙	170	160	140	120	50
部分框支剪力墙	150	140	120	100	不应采用

续表 5.1.6

结构类型	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6度	7度	8度	9度
框架-核心筒	220	210	180	140	70
筒中筒	300	280	230	170	80

注:1 房屋建筑的高度指室外地面到主要屋面板顶面的高度(不包括局部突出屋顶部分);

2 框架-核心筒结构是指由周边稀柱框架和核心筒组成的结构;

3 部分框支剪力墙结构是指地面以上有部分框支剪力墙的结构;

4 对平面和竖向均不规则的结构或Ⅳ类场地上的结构,最大适用高度宜适当降低;

5 剪力墙包括钢筋混凝土剪力墙和钢管混凝土剪力墙;

6 对按 6、7、8 度抗震设防的甲类建筑,宜按本地区的设防烈度提高一度后符合本表的要求;

7 当房屋建筑的高度超过本表的规定时,应进行专门论证,采取有效的加强措施。

5.1.7 当底部大空间部分框支剪力墙结构的框支柱采用叠合柱,且转换层以下框支层设置钢管混凝土剪力墙时,地面以上的大空间层数应符合下列规定:8 度时不宜超过 5 层,7 度时不宜超过 8 层,6 度时可适当超过 8 层;当底部带转换层的框架-核心筒结构和筒中筒结构的转换层以下采用叠合柱,且转换层以下设置钢管混凝土剪力墙时,其转换层位置可比上述规定适当提高。

5.1.8 对抗震设防的叠合柱结构房屋,应根据设防烈度、结构类型和房屋高度按下列规定确定抗震等级,并采取相应的抗震措施:

1 甲类、乙类建筑:当本地区的抗震设防烈度为 6~8 度且建筑场地为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类时,应提高一度后按表 5.1.8 确定抗震等级;当本地区的抗震设防烈度为 6~8 度且建筑场地为Ⅰ类时,可根据本地区抗震设防烈度按表 5.1.8 确定抗震等级并采取相应的抗震构造措施,但对构造措施以外的抗震措施仍应符合提高一度后按表 5.1.8 确定的抗震等级的要求;当本地区的抗震设防烈度为 9 度时,乙类建筑各类结构的抗震等级应为特一级,甲类建筑应符合

比 9 度抗震设防更高的要求、采取更有效的抗震措施。

2 丙类建筑:当建筑场地为 II、III、IV 类时,应根据本地区的抗震设防烈度按表 5.1.8 确定抗震等级;当建筑场地为 I 类时,除 6 度外,可根据本地区抗震设防烈度降低一度后按表 5.1.8 确定抗震等级,并采取相应的抗震构造措施,但对构造措施以外的抗震措施仍应符合按本地区抗震设防烈度和表 5.1.8 确定的抗震等级的要求。

注:本规程中,“特一、一、二、三、四级”是“抗震等级为特一、一、二、三、四级”的简称。

表 5.1.8 叠合柱高层建筑结构的抗震等级

结构类型		烈 度									
		6 度		7 度		8 度		9 度			
框架	高度(m)	≤30	>30	≤30	>30	≤30	>30	≤25			
	框架	四	三	三	二	二	—	—			
框架-剪力墙	高度(m)	≤60	>60 ≤130	>130	≤60	>60 ≤120	>120	≤60	>60 ≤100	>100	≤50
	框架	四	三	二	三	二	—	二	—	—	—
	剪力墙	三		二	二		—	—		特一	—
部分框支剪力墙	高度(m)	≤80	>80 ≤120	>120	≤80	>80 ≤100	>100	≤80	>80		
	非底部加强部位 剪力墙	四	三	二	三	二	—	二	—		
	底部加强部位 剪力墙	三	二	—	二		—	—	特一		
	框支层框架	二		—	二	—	特一	—	特一		
筒体	框架- 核心筒	高度(m)	≤150	>150	≤130	>130	≤100	>100	≤70		
		框架	三	二	二	—	—	—	—		
		核心筒	二	二	二	—	—	特一	—		
	筒中筒	高度(m)	≤180	>180	≤150	>150	≤120	>120	≤80		
		外筒,内筒	三	二	二	—	—	特一	—		

注:当高度接近或等于高度分界值时,可结合结构不规则程度和场地、地基条件确定抗震等级。

5.1.9 对框架-剪力墙结构,在基本振型地震作用下,当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总倾覆力矩的 50% 时,其框架的抗震等级应按框架结构确定,其剪力墙的抗震等级可按框架-剪力墙结构确定,最大适用高度可比框架结构适当增加。

5.1.10 抗震设计时,部分框支剪力墙结构的剪力墙(筒)底部加强部位的高度,可取框支层加框支层以上两层和落地剪力墙总高度的 1/8 二者中的较大值,且不大于 15m;其他结构的剪力墙底部加强部位的高度,当剪力墙高度不大于 150m 时可取底部两层和剪力墙总高度的 1/8 二者中的较大值,且不大于 15m;当剪力墙高度大于 150m 时可取剪力墙总高度的 1/10。

5.1.11 按有地震作用效应组合设计的叠合柱结构构件,其承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按表 5.1.11 采用。

表 5.1.11 叠合柱结构构件承载力抗震调整系数

结构构件	受力状态	γ_{RE}
梁	受弯	0.75
轴压比小于 0.15 的叠合柱和钢筋混凝土柱	偏压	0.75
轴压比不小于 0.15 的叠合柱和钢筋混凝土柱	偏压	0.8
剪力墙(包括钢管混凝土剪力墙)	偏压	0.85
各类构件	受剪,偏拉	0.85

注:叠合柱的轴压比是指叠合柱钢管外钢筋混凝土的轴压比,可按本规程第 6.2.14 条计算。

5.2 结构计算

5.2.1 叠合柱结构在竖向荷载、风荷载和多遇地震作用下的内力和位移,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定计算。

5.2.2 叠合柱结构的荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50007 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定执行。

5.2.3 计算叠合柱结构的弹性内力和位移时,叠合柱的截面刚度可按下列规定计算:

$$\text{轴向刚度} \quad EA = E_{co}A_{co} + E_{cc}A_{cc} + E_sA_s \quad (5.2.3-1)$$

$$\text{弯曲刚度} \quad EI = E_{co}I_{co} + E_{cc}I_{cc} + E_sI_s \quad (5.2.3-2)$$

$$\text{剪切刚度} \quad GA = G_{co}A_{co} + G_{cc}A_{cc} + G_sA_s \quad (5.2.3-3)$$

式中 E_{co} 、 E_{cc} 、 E_s ——分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管的弹性模量;

G_{co} 、 G_{cc} 、 G_s ——分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管钢材剪变模量;

A_{co} 、 A_{cc} 、 A_s ——分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管的截面面积;

I_{co} 、 I_{cc} 、 I_s ——分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管截面在所计算方向对其形心轴的惯性矩。

5.2.4 无端柱钢管混凝土剪力墙可按相同截面的剪力墙计算其轴向、弯曲和剪切刚度;有端柱钢管混凝土剪力墙可按工字形截面剪力墙计算其轴向和弯曲刚度,其剪切刚度可只考虑腹板混凝土的作用。端柱截面的边长不应小于2倍墙厚,如小于2倍墙厚则应视为无端柱。

5.2.5 计算叠合柱结构的弹性内力和位移时,楼面梁的截面弯曲刚度可考虑楼板的作用予以增大,增大系数可根据楼板翼缘的情况确定。对钢筋混凝土楼盖,在一般情况下,边梁的增大系数可取1.3~1.5,中梁的增大系数可取1.5~2.0;对钢-混凝土组合楼盖,当钢梁与混凝土楼板有可靠连接时,梁的刚度可取钢梁刚度的1.5~2.0倍。

5.2.6 叠合柱结构在风荷载和多遇地震作用下,按弹性方法计算的楼层层间最大位移与层高之比的限值,以及高度大于150m的叠合柱结构在10年一遇的风荷载作用下、顶点最大加速度的限值,可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3对

使用功能相同的钢筋混凝土结构的规定采用。

5.2.7 按抗震设计的叠合柱结构,在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对结构类型相同的钢筋混凝土结构的规定执行。

5.2.8 叠合柱结构高层建筑的弹塑性层间位移角,对框架结构不应大于 $1/50$,对框架-剪力墙和框架-核心筒结构不应大于 $1/100$,对部分框支剪力墙和筒中筒结构不应大于 $1/120$ 。

6 叠合柱框架设计

6.1 一般规定

6.1.1 按抗震设计时,叠合柱结构中框架(包括框支层的框架)柱和钢筋混凝土梁(钢骨混凝土梁)内力设计值的调整或增大,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对相同抗震等级钢筋混凝土框架柱和梁内力设计值调整或增大的规定。

6.1.2 按抗震设计时,对采用钢-混凝土组合楼盖的叠合柱结构,在框架梁柱节点处,柱端组合的弯矩设计值符合下式的要求:

$$\sum M_c \geq \eta_c \sum W_{bp} f_{by} \quad (6.1.2)$$

式中 $\sum M_c$ ——节点上下柱端截面顺时针或反时针方向组合的弯矩设计值之和,上、下柱端的弯矩设计值可按弹性分析分配;

W_{bp} ——梁的塑性截面抵抗矩;

f_{by} ——梁的钢材屈服强度;

η_c ——柱端弯矩增大系数,特一级时可取 1.45,一级时可取 1.2,二级时可取 1.05,三级时可取 1.0。

6.1.3 叠合柱截面组合的剪力设计值应符合下列要求:

1 无地震作用组合:

$$V \leq 0.25[\beta_c f_{co} A_{co} + f_{cc} A_{cc} (1 + 1.8\theta)] \quad (6.1.3-1)$$

2 有地震作用组合:

剪跨比大于 2 的柱:

$$V \leq 0.20[\beta_c f_{co} A_{co} + f_{cc} A_{cc} (1 + 1.8\theta)] / \gamma_{RE} \quad (6.1.3-2)$$

框支柱和剪跨比不大于 2 的柱:

$$V \leq 0.15[\beta_c f_{co} A_{co} + f_{cc} A_{cc} (1 + 1.8\theta)] / \gamma_{RE} \quad (6.1.3-3)$$

剪跨比 $\lambda = M / (Vh_0)$ (6.1.3-4)

式中 λ ——计算截面处的剪跨比；

M ——未按本规程第 6.1.1 条的规定调整或增大的柱端截面组合的弯矩计算值，取上、下端弯矩的较大值；

V ——与柱端截面组合的弯矩计算值相应的柱端截面组合的剪力计算值；

h_0 ——柱截面有效高度；

f_{co} 、 f_{cc} ——分别为钢管外和钢管内混凝土轴心抗压强度设计值；

A_{co} 、 A_{cc} ——分别为钢管外和钢管内混凝土的截面面积；

β_c ——钢管外混凝土强度影响系数，当混凝土强度等级不高于 C50 时取 1.0，当混凝土强度等级为 C80 时取 0.8，其间可按线性内插值采用；

θ ——钢管混凝土的套箍指标，应按本规程第 6.2.5 条的规定计算。

6.1.4 叠合柱框架节点核芯区的抗震验算应符合下列要求：

1 特一、一、二级框架的节点核芯区，应进行抗震验算；

2 三、四级框架的节点核芯区，可不进行抗震验算，但应符合对抗震构造措施的要求；

3 核芯区截面的抗震验算应符合本规程附录 A 的规定。

6.1.5 叠合柱结构中的钢筋混凝土构件、钢骨(型钢)混凝土梁、钢构件、钢-混凝土组合楼盖的截面设计，应按现行有关规范、规程执行。

6.2 叠合柱设计

6.2.1 对不同期施工的叠合柱，应按施工阶段的荷载验算其空钢管的强度，浇筑钢管内混凝土前由施工阶段荷载产生的钢管最大压应力值不宜大于 $0.6f_s$ (f_s 为钢管钢材的抗压强度设计值)。

6.2.2 对不同期施工的叠合柱，其叠合比可通过试算确定，一般

情况下可取 0.3~0.6。叠合比可按下式计算：

$$m = \frac{N_i}{N} \quad (6.2.2)$$

式中 m ——不同期施工的叠合柱的叠合比。为浇筑钢管外混凝土前，核心钢管混凝土柱已承受的施工期竖向荷载所产生的轴压力设计值与叠合柱全部轴压力设计值的比值；

N ——叠合柱的轴压力设计值。当框架抗震等级为特一级和一级时，应取电算和按柱实际受荷面积和荷载情况计算所得两个轴压力设计值中的较大者；

N_i ——浇筑钢管外混凝土前钢管混凝土柱已承受的轴压力设计值。该轴压力设计值可考虑由施工期的结构自重和施工荷载产生，荷载分项系数可分别取 1.2 和 1.4，施工荷载的大小可根据实际情况确定。

6.2.3 叠合柱中钢管混凝土和钢管外混凝土承受的轴压力设计值应按下列规定计算：

1 同期施工的叠合柱：

$$N_{cc} = NE_{cc}A_{cc}(1+1.8\theta) / [E_{co}A_{co} + E_{cc}A_{cc}(1+1.8\theta)] \quad (6.2.3-1)$$

$$N_{co} = N - N_{cc} \quad (6.2.3-2)$$

2 不同期施工的叠合柱：

$$N_{cc} = (N - N_i)E_{cc}A_{cc}(1+1.8\theta) / [E_{co}A_{co} + E_{cc}A_{cc}(1+1.8\theta)] + N_i \quad (6.2.3-3)$$

$$N_{co} = N - N_{cc} \quad (6.2.3-4)$$

式中 N ——叠合柱组合的轴压力设计值；

N_{cc} 、 N_{co} ——分别为钢管混凝土和钢管外混凝土承受的轴压力设计值；

N_i ——浇筑钢管外混凝土前钢管混凝土已承受的轴压力设计值，可按本规程第 6.2.2 条确定；

θ ——钢管混凝土的套箍指标,应按本规程第 6.2.5 条的规定计算。

6.2.4 叠合柱中钢管混凝土承受的轴压力设计值应符合下列规定:

$$N_{cc} \leq 0.9 N_u \quad (6.2.4)$$

式中 N_u ——钢管混凝土柱的轴心受压承载力,可按本规程第 6.2.5 条式(6.2.5-1)计算,式中 φ_1 可取 1.0。

6.2.5 钢管混凝土柱的轴心受压承载力可按下式计算:

$$N_u = \varphi_1 f_{cc} A_{cc} (1 + 1.8\theta) \quad (6.2.5-1)$$

$$\theta = f_s A_s / (f_{cc} A_{cc}) \quad (6.2.5-2)$$

式中 φ_1 ——考虑长细比影响后,钢管混凝土柱轴心受压承载力的折减系数,可按本规程第 6.2.6 条的规定计算;

θ ——钢管混凝土的套箍指标;

f_s ——钢管钢材抗拉、拉压和抗弯强度设计值;

A_s ——钢管截面面积。

6.2.6 钢管混凝土柱考虑长细比影响的轴心受压承载力折减系数 φ_1 ,可按下列规定计算:

1 $l_e/d_s \leq 4$ 时:

$$\varphi_1 = 1.0 \quad (6.2.6-1)$$

2 $l_e/d_s > 4$ 时:

$$\varphi_1 = 1 - 0.115(l_e/d_s - 4)^{1/2} \quad (6.2.6-2)$$

式中 l_e ——钢管混凝土柱的等效计算长度;

d_s ——钢管混凝土柱的外径。

6.2.7 轴心受压叠合柱的正截面受压承载力应符合下列规定:

1 无地震作用组合:

$$N \leq 0.9\varphi(f_{co}A_{co} + f'_yA_{ss}) + f_{cc}A_{cc}(1 + 1.8\theta) \quad (6.2.7-1)$$

2 有地震作用组合:

$$N \leq [0.9\varphi(f_{co}A_{co} + f'_y A_{ss}) + f_{cc}A_{cc}(1 + 1.8\theta)] / \gamma_{RE} \quad (6.2.7-2)$$

式中 φ ——叠合柱的稳定系数,可按表 6.2.7 采用;

A_{ss} ——全部纵向钢筋的截面面积;

f'_y ——纵向钢筋的抗压强度设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,可按本规程表 5.1.11 采用。

表 6.2.7 轴心受压叠合柱的稳定系数

l_0/b	≤ 8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
l_0/d	≤ 7	8.5	10.5	12	14	15.5	17	19	21	22.5	24	26
φ	1.00	0.98	0.95	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52

注: l_0 —叠合柱的计算长度,可按本规程第 6.2.8 条的规定采用;

b —矩形截面叠合柱的短边尺寸;

d —圆形截面叠合柱的直径。

6.2.8 叠合柱的计算长度 l_0 可按下列规定取值:底层柱可取 $1.0H$, 其余各层柱可取 $1.25H$ 。底层柱的 H 可取基础顶面到第一层楼盖顶面的高度,其余各层柱的 H 可取上、下两层楼盖顶面间的高度。

6.2.9 叠合柱在轴力和弯矩作用下的正截面承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于钢筋混凝土柱正截面承载力的公式计算。计算时,轴压力可采用按本规程第 6.2.3 条确定的钢管外混凝土承受的轴压力设计值,弯矩可采用叠合柱全截面的弯矩设计值,应取叠合柱的截面尺寸和钢管外混凝土的强度等级,可不计入钢管的作用。

6.2.10 矩形截面偏心受压叠合柱的斜截面受剪承载力应符合下列规定:

1 无地震作用组合:

$$V \leq 1.75f_{co}bh_0/(\lambda+1) + f_{yv}A_{sv}h_0/s + 2.5f_cA_n/(1+4\lambda^2)^{1/2} + 0.07N \quad (6.2.10-1)$$

2 有地震作用组合:

$$V \leq [1.05 f_{to} b h_0 / (\lambda + 1) + f_{yv} A_{sv} h_0 / s + 2.5 f_s A_s / (1 + 4\lambda^2)^{1/2} + 0.056 N] / \gamma_{RE} \quad (6.2.10-2)$$

式中 V ——剪力设计值;

N ——叠合柱的轴压力设计值,当 $N > 0.3 f_{co} A$ 时,取 $N = 0.3 f_{co} A$;

f_{to} ——钢管外混凝土的抗拉强度设计值;

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值,按本规程表 3.0.7 中 f_y 的值取用;

f_s ——钢管钢材抗拉强度设计值;

A_{sv} ——同一截面内各肢箍筋、拉筋的全部截面面积;

A_s ——钢管截面面积;

s ——箍筋间距;

λ ——柱计算截面处的剪跨比, $\lambda < 1$ 时取 $\lambda = 1$, $\lambda > 3$ 时取 $\lambda = 3$ 。

6.2.11 矩形截面偏心受拉叠合柱的斜截面受剪承载力应符合下列规定:

1 无地震作用组合:

$$V \leq 1.75 f_{to} b h_0 / (\lambda + 1) + f_{yv} A_{sv} h_0 / s + 2.5 f_s A_s / (1 + 4\lambda^2)^{1/2} - 0.2 N \quad (6.2.11-1)$$

2 有地震作用组合:

$$V \leq [1.05 f_{to} b h_0 / (\lambda + 1) + f_{yv} A_{sv} h_0 / s + 2.5 f_s A_s / (1 + 4\lambda^2)^{1/2} - 0.2 N] / \gamma_{RE} \quad (6.2.11-2)$$

式中 N ——与剪力设计值 V 对应的轴向拉力设计值,取正值。

当式(6.2.11-1)右端的计算值或(6.2.11-2)右端方括号内的计算值小于 $f_{yv} A_{sv} h_0 / s + 2.5 f_s A_s / (1 + 4\lambda^2)^{1/2}$ 时,取等于该值,且不得小于 $0.36 f_{to} b h_0$ 。

6.2.12 叠合柱中的钢管宜符合下列要求:

1 钢管的直径不宜小于柱截面短边长度的 $1/3$,且不宜小于

200mm。

2 钢管外的混凝土厚度不宜小于 120mm。当采用免振自密实混凝土时,钢管外的混凝土厚度不宜小于 100mm。

3 对特一级框架,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.6,含管率不宜小于 4%;对一、二级框架,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.5,含管率不宜小于 3%;对三、四级和非抗震设计框架,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.4,含管率不宜小于 2%。含管率可按下式计算:

$$\rho_s = A_s / A \quad (6.2.12)$$

式中 ρ_s ——叠合柱的含管率;

A_s ——叠合柱中钢管的截面面积;

A ——叠合柱全截面面积。

4 钢管壁厚不宜小于 6mm;钢管直径与壁厚的比值,当采用 Q235 级钢时不宜大于 90,当采用 Q345 级钢时不宜大于 75。

6.2.13 叠合柱的混凝土强度等级宜符合下列要求:

1 对不同期施工的叠合柱,钢管内混凝土的强度等级宜采用 C60~C100,且宜高于钢管外混凝土的强度等级。

2 对同期施工的叠合柱(即组合柱),钢管内、外混凝土的强度等级可相同,钢管内混凝土的强度等级也可高于钢管外混凝土的强度等级。

3 钢管外混凝土的强度等级不宜低于 C40,8、9 度时不宜高于 C60,6、7 度时不宜高于 C70。

4 梁柱核芯区混凝土的强度等级不应低于钢管外混凝土的强度等级。

6.2.14 按抗震设计的叠合柱,钢管外钢筋混凝土的轴压比限值,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对钢筋混凝土柱轴压比限值的规定采用。叠合柱钢管外钢筋混凝土的轴压比可按下式计算:

$$n = N_{co} / (f_{co} A_{co}) \quad (6.2.14)$$

式中 n ——叠合柱钢管外钢筋混凝土的轴压比；

N_{co} ——钢管外钢筋混凝土承受的轴压力设计值，可按本规程第 6.2.3 条的规定计算。

6.2.15 按抗震设计的叠合柱，其纵向钢筋的最小总配筋率应按表 6.2.15 的规定采用，且每一侧配筋率不应小于 0.2%。对建造于 IV 类场地且较高的高层建筑，表中的数值应增加 0.1。叠合柱纵向钢筋的总配筋率可取纵向钢筋的截面面积与钢管外钢筋混凝土截面面积的比值，即

$$\rho_s = A_{ss} / A_{co} \quad (6.2.15)$$

式中 ρ_s ——叠合柱纵向钢筋的总配筋率；

A_{ss} ——叠合柱全部纵向钢筋的截面面积；

A_{co} ——叠合柱钢管外钢筋混凝土的截面面积。

表 6.2.15 按抗震设计的叠合柱纵向钢筋的最小总配筋率(%)

类别	抗震等级				
	特一	一	二	三	四
中柱和边柱	1.4	1.0	0.8	0.7	0.6
角柱和框支柱	1.6	1.2	1.0	0.9	0.8

注：当采用 HRB400 级热轧钢筋时，表内数值可减少 0.1；当钢管外混凝土的强度等级高于 C60 时，表内数值应增加 0.1。

6.2.16 按抗震设计的叠合柱，其纵向钢筋应符合下列构造要求：

1 宜对称配筋，宜集中配置在角部，净间距不宜小于 50mm。

2 纵筋直径不应小于 14mm；对矩形和方形截面柱，截面四角纵筋的直径不宜小于 16mm。

3 受力纵筋的间距不宜大于 400mm，否则，宜设置直径不小于 14mm 的纵向构造钢筋。

6.2.17 按抗震设计的叠合柱，其箍筋加密区箍筋的最大间距和最小直径应按表 6.2.17 采用。

表 6.2.17 叠合柱箍筋加密区中箍筋的最大间距和最小直径(mm)

抗震等级	箍筋最大间距(采用较小值)	箍筋最小直径
特一	$6d, 100$	12
一	$6d, 100$	10
二	$8d, 100$	8
三	$8d, 150$ (柱根 100)	8
四	$8d, 150$ (柱根 100)	6(柱根 8)

注： d 为柱纵筋最小直径；柱根指框架底层柱的嵌固部位。

6.2.18 按抗震设计的叠合柱，其箍筋配置应符合下列规定：

1 应采用复合箍。复合箍可由外围矩(方)形封闭箍筋与拉筋组成(图 6.2.18)。

2 绕过钢管的拉筋，与钢管相交部分的圆弧应与钢管同心，不相交部分应为直线。

3 对箍筋加密区，绕过钢管的拉筋，其肢距不宜大于 400mm；角区箍筋和拉筋的肢距，特一级和一级不宜大于 200mm，二、三级不宜大于 250mm 和 20 倍箍筋直径的较大值，四级不宜大于 300mm。至少每隔 1 根纵向钢筋宜在两个方向有箍筋或拉筋约束。

4 对箍筋加密区，宜在钢管壁外表面焊接两道闭合的钢筋环箍。钢管直径不大于 400mm 时，环箍钢筋直径不宜小于 14mm；钢管直径大于 400mm 时，环箍钢筋直径不宜小于 16mm。环箍宜设在箍筋加密范围的三分点位置，环箍与钢管之间可采用单面角焊缝焊接。

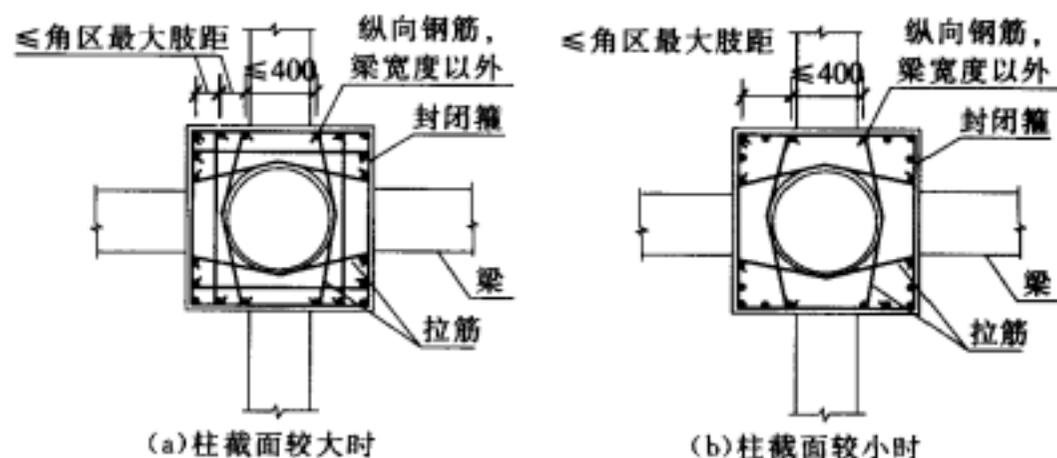


图 6.2.18 钢管混凝土叠合柱的配箍方式

6.2.19 按抗震设计的叠合柱,其箍筋加密范围、箍筋加密区的最小体积配箍率和最小配箍特征值,箍筋非加密区的最小体积配箍率和箍筋的最大间距,以及节点核芯区的箍筋构造要求,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 关于相同抗震等级钢筋混凝土框架柱的规定执行。计算体积配箍率时,混凝土的体积可取外围箍筋的内皮与钢管之间混凝土的体积。

6.2.20 当按抗震设计的部分框支剪力墙结构的框支柱和筒体结构转换层以下的柱为叠合柱,且框支层框架的抗震等级为特一级或筒体结构外筒的抗震等级为特一级或一级时,重力荷载代表值产生的轴压力不应大于叠合柱中钢管混凝土的轴心受压承载力。计算重力荷载代表值产生的轴压力时,荷载分项系数可取 1.0。叠合柱中钢管混凝土的轴心受压承载力可按本规程第 6.2.5 条式 (6.2.5-1) 计算,式中 φ_1 可取 1.0,钢管钢材的强度可取其屈服强度,混凝土的轴心抗压强度可取其标准值。

7 钢管混凝土剪力墙设计

7.0.1 钢管混凝土剪力墙(包括由剪力墙组成的筒)的设计,除应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 关于钢筋混凝土剪力墙的设计要求外,尚应符合本规程的规定。

7.0.2 边缘构件内设置参与受力钢管的无端柱钢管混凝土剪力墙应符合下列构造要求:

1 钢管宜靠墙的端部放置,钢管外的混凝土保护层厚度不宜小于 80mm,剪力墙的横向钢筋应绕过钢管,见图 7.0.2(a)。

2 对特一级剪力墙,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.6,钢管截面面积不宜小于 $0.04A_c$;对一、二级剪力墙,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.5,钢管截面面积不宜小于 $0.03A_c$;对三级剪力墙,钢管混凝土的套箍指标不宜小于 0.4,钢管截面面积不宜小于 $0.02A_c$ 。 A_c 可按图 7.0.2(b)中剪力墙的阴影部分计算。

3 钢管直径不宜小于 200mm,钢管壁厚不宜小于 6mm;钢管直径与壁厚的比值,当采用 Q235 级钢时不宜大于 90,当采用 Q345 级钢时不宜大于 75。

4 宜在钢管壁外表面焊接闭合的钢筋环箍。钢管直径不大于 400mm 时,环箍钢筋的直径不宜小于 14mm;钢管直径大于 400mm 时,环箍钢筋的直径不宜小于 16mm。环箍的间距不宜大于 1000mm,环箍钢筋与钢管之间可采用单面角焊缝焊接。

5 约束边缘构件的范围及其配箍特征值和纵向钢筋最小截面面积、构造边缘构件的范围及其配筋要求,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。计算约束边缘构件的体积配箍率时,混凝土的体积可取外围箍筋的内皮与钢管之间混凝

土的体积。

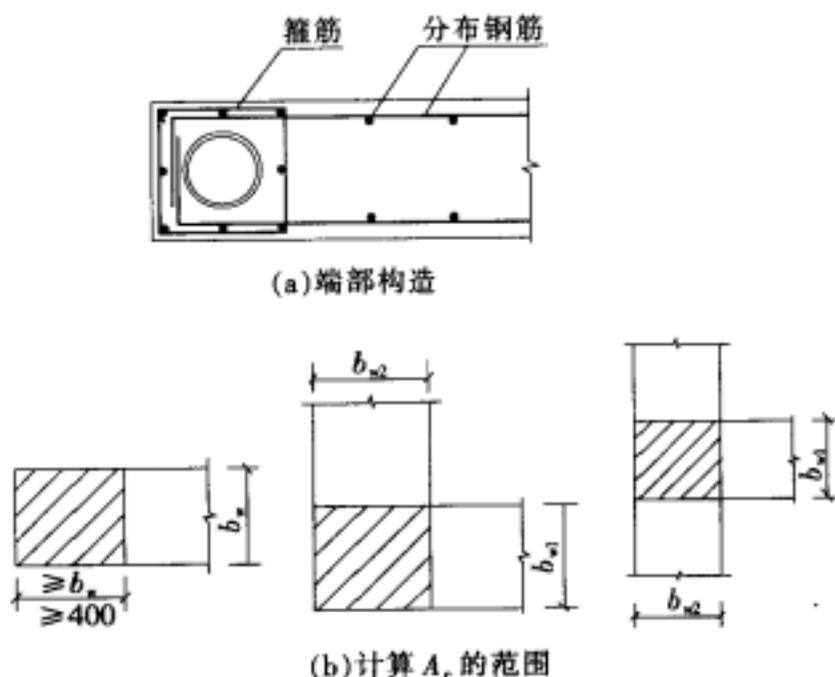


图 7.0.2 无端柱钢管混凝土剪力墙的构造要求

注：钢筋混凝土剪力墙边缘构件的抗震构造措施未在图中表示。

7.0.3 当剪力墙的端柱为叠合柱时(图 7.0.3),其设计应符合下列要求:

1 钢管的构造应符合本规程第 6.2.12 条的规定;纵向钢筋的构造应符合本规程第 6.2.15 和 6.2.16 条的规定;箍筋的构造应符合本规程第 6.2.17~6.2.19 条的规定。

2 剪力墙的横向钢筋应伸入端柱,其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

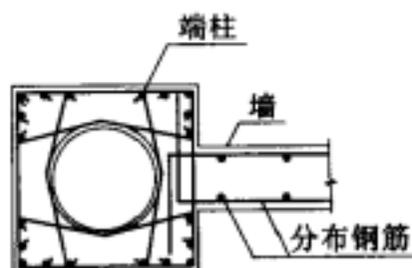


图 7.0.3 有端柱钢管混凝土剪力墙的构造要求

7.0.4 剪力墙中竖向和横向分布钢筋应符合下列要求：

1 对特一级剪力墙，一般部位竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.35%，底部加强部位竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.4%。

2 对一、二、三级剪力墙，竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.25%；对非抗震设计和四级剪力墙，竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.2%；钢筋间距不应大于 300mm。

3 对一、二、三级部分框支剪力墙结构的底部加强部位，竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.3%，钢筋间距不应大于 200mm。

4 对直接接触室外，或由于其他原因导致剪力墙温度应力较高的部位，竖向和横向分布钢筋的配筋率不应小于 0.25%，钢筋间距不应大于 200mm。

5 竖向和横向分布钢筋不应少于双排配筋，钢筋直径不应小于 8mm 且不宜大于墙厚的 1/10。

7.0.5 钢管混凝土剪力墙在轴向力和弯矩作用下的正截面承载力，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于钢筋混凝土剪力墙正截面承载力的公式计算。计算时，端部钢管的截面面积可计入剪力墙端部纵向钢筋的面积；位于墙肢中部的钢管是否参与受力，可按照平截面假定分析确定，也可近似考虑中和轴两边各 x 距离以内的钢管不参与剪力墙正截面承载力计算， x 为截面的受压区高度。

7.0.6 钢管混凝土剪力墙的受剪截面应符合下列要求：

1 无地震作用组合：

$$V_w \leq 0.25\beta_c f_c b_w h_{w0} \quad (7.0.6-1)$$

2 有地震作用组合：

剪跨比大于 2.5 时：

$$V_w \leq (0.20\beta_c f_c b_w h_{w0}) / \gamma_{RE} \quad (7.0.6-2)$$

剪跨比不大于 2.5 时：

$$V_w \leq (0.15\beta_c f_c b_w h_{w0}) / \gamma_{RE} \quad (7.0.6-3)$$

$$\text{剪跨比:} \quad \lambda = M / (Vh_{w0}) \quad (7.0.6-4)$$

式中 V_w ——剪力墙的截面剪力设计值；

f_c ——钢管外混凝土的轴心抗压强度设计值；

b_w ——剪力墙截面厚度；

h_{w0} ——剪力墙截面有效高度， $h_{w0} = h_w - a$ ， a 为端部纵筋和钢管两者重心至截面近端的距离；

β_c ——钢管外混凝土强度影响系数，可按本规程第 6.1.3 条采用；

λ ——计算截面处的剪跨比，其中 M 、 V 分别取与 V_w 同一组合的、未按有关规定调整或增大的弯矩和剪力计算值。

7.0.7 当钢管混凝土剪力墙偏心受压时，其斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 无地震作用组合：

$$V \leq (0.5f_t b_w h_{w0} + 0.13NA_w / A) / (\lambda - 0.5) + f_{yh} A_{sh} h_{w0} / s + 0.15 \sum (f_s A_s) \quad (7.0.7-1)$$

2 有地震作用组合：

$$V \leq [(0.4f_t b_w h_{w0} + 0.10NA_w / A) / (\lambda - 0.5) + 0.8f_{yh} A_{sh} h_{w0} / s + 0.12 \sum (f_s A_s)] / \gamma_{RE} \quad (7.0.7-2)$$

式中 N ——剪力墙轴压力设计值，取荷载效应组合中较小的轴压力设计值；当 N 大于 $0.2f_t b_w h_{w0}$ 时，取等于 $0.2f_t b_w h_{w0}$ ；

f_t ——钢管外混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_{yh} ——水平钢筋抗拉强度设计值；

f_s ——钢管钢材的抗拉强度设计值；

A_s ——一根钢管的截面面积；

A ——剪力墙截面面积；

A_w ——剪力墙腹板截面面积，对无端柱剪力墙取 $A_w = A$ ；

s ——横向分布钢筋的间距；

A_{sh} ——同一水平截面内横向钢筋截面面积之和；

λ ——计算截面处的剪跨比，其值小于 1.5 时取 1.5、大于 2.2 时取 2.2。

7.0.8 钢管混凝土剪力墙偏心受拉时，其斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 无地震作用组合：

$$V \leq (0.5f_t b_w h_{w0} - 0.13NA_w/A)/(\lambda - 0.5) + f_{yh} A_{sh} h_{w0}/s + 0.15 \sum (f_s A_s) \quad (7.0.8-1)$$

2 有地震作用组合：

$$V \leq [(0.4f_t b_w h_{w0} - 0.10NA_w/A)/(\lambda - 0.5) + 0.8f_{yh} A_{sh} h_{w0}/s + 0.12 \sum (f_s A_s)]/\gamma_{RE} \quad (7.0.8-2)$$

当式(7.0.8-1)右端的计算值小于 $f_{yh} A_{sh} h_{w0}/s + 0.15 \sum (f_s A_s)$ 时，取等于该值；当式(7.0.8-2)右端方括号内的计算值小于 $0.8f_{yh} A_{sh} h_{w0}/s + 0.12 \sum (f_s A_s)$ 时，取等于该值。

7.0.9 抗震设计时，特一、一和二级钢管混凝土剪力墙底部加强部位在重力荷载代表值作用下的轴压比不宜超过表 7.0.9 的规定限值。该轴压比可按下式计算：

$$n = N / \{ f_c [A - \sum (A_{cc} + A_s)] + \sum [f_{cc} A_{cc} (1 + 1.8\theta)] \} \quad (7.0.9)$$

式中 n ——钢管混凝土剪力墙底部加强部位在重力荷载代表值作用下的轴压比；

N ——重力荷载代表值作用下钢管混凝土剪力墙的轴压力设计值；

f_c 、 f_{cc} ——分别为剪力墙混凝土轴心抗压强度设计值和钢管内混凝土轴心抗压强度设计值；

A_s 、 A_{cc} ——分别为一根钢管的截面面积和一根钢管内混凝土的截面面积。

表 7.0.9 钢管混凝土剪力墙的轴压比限值

抗震等级	特一级,一级(9度)	一级(7度、8度)	二级
有端柱剪力墙	0.45	0.55	0.65
无端柱剪力墙	0.40	0.50	0.60

8 构件连接

8.1 钢管接长

8.1.1 钢管在现场接长时,应加焊有效的定位件,确保几何尺寸符合设计要求。

8.1.2 等直径钢管接长时宜采用等强度坡口对接焊缝。可在钢管连接处设置管壁较厚的内衬管段(图 8.1.2),作为现场环形焊缝的背衬。当为直焊缝钢管时,在其对接处应将焊缝错开。

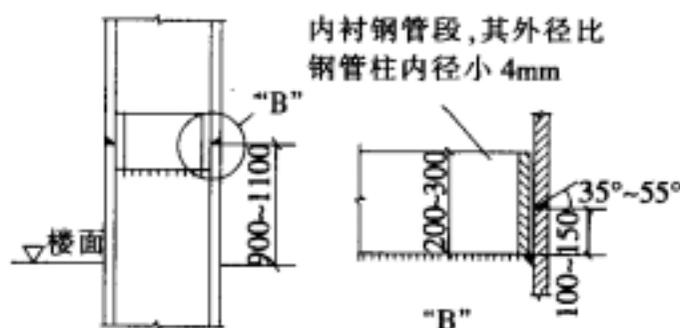


图 8.1.2 等直径钢管设置内衬管段接长的构造

8.1.3 不同直径钢管接长,可采用喇叭管过渡段[图 8.1.3(a)]或采用连接板连接[图 8.1.3(b)]。

采用喇叭管过渡段时,过渡段的上下两端均宜设置环形隔板作为抗剪连接件,变径段的壁厚不应小于所连接的钢管壁厚,变径段的斜度不宜大于 1:4,变径段宜设置在楼盖结构高度范围内。

采用连接板时,所连接钢管的直径差不应大于 50mm,连接板中央应开圆孔,连接板的厚度不应小于 16mm,且应满足下式要求:

$$t \geq s - t_1 + t_2 \quad (8.1.3)$$

式中 t ——连接板厚度;

t_1 、 t_2 ——分别为下节钢管柱和上节钢管柱的壁厚,且 $t_1 \geq t_2$ 。

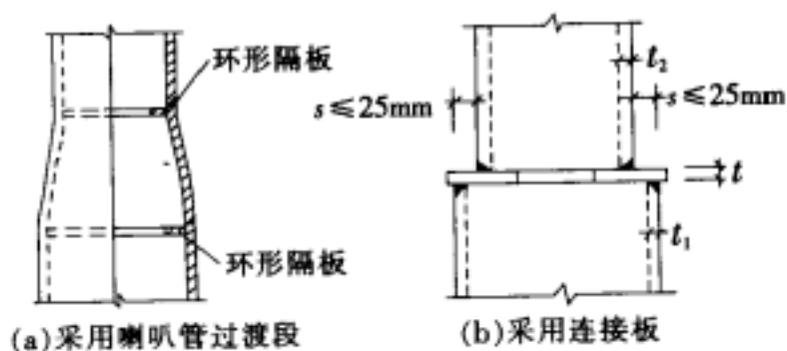


图 8.1.3 不等直径钢管接长的构造

8.2 梁柱连接

8.2.1 梁与叠合柱的连接应传力明确,构造简单,整体性好,安全可靠,节约材料和施工方便。对重要的或新型的连接,应进行必要的计算分析和试验检验。

8.2.2 梁与叠合柱连接时,在平面上梁的中心线应与叠合柱中钢管的中心线对齐。当梁的中心线与叠合柱的中心线错位时或相邻跨梁的中心线错位时,可采用图 8.2.2 所示的连接方式。

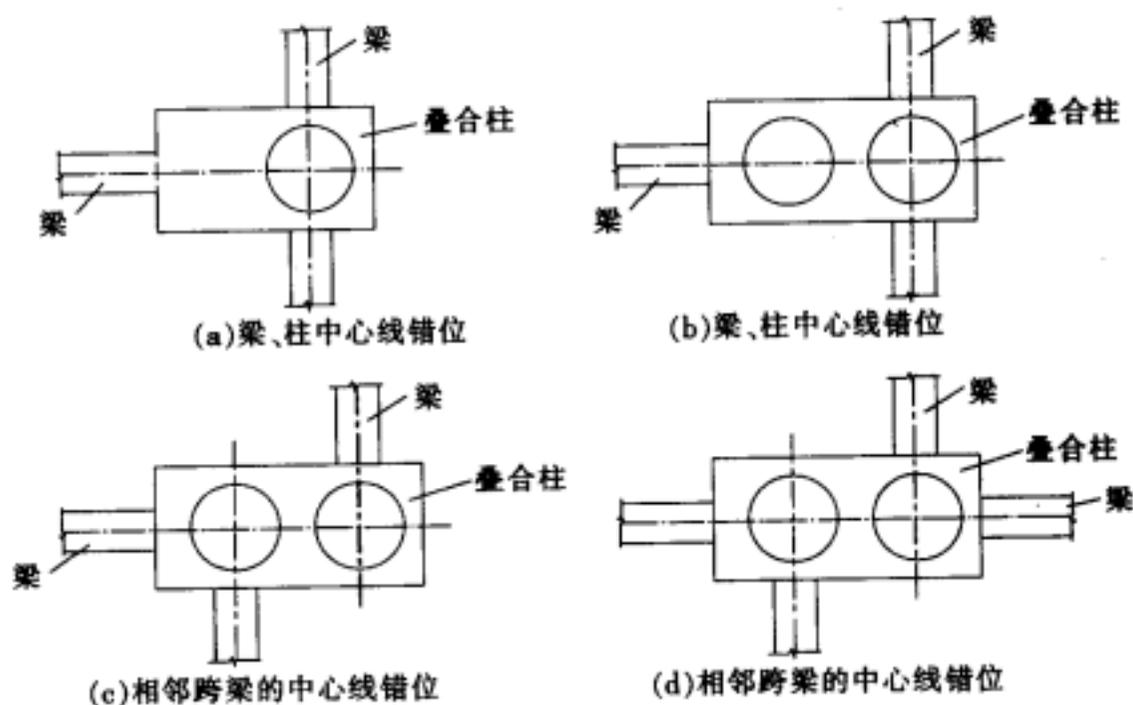


图 8.2.2 中心线错位情况下梁柱连接方式

8.2.3 钢筋混凝土梁与叠合柱的连接应符合下列要求：

1 梁的大部分纵向钢筋应直接贯通核芯区，在核芯区内的长度(从叠合柱柱面算起)不应小于 $20d$ (d 为纵向钢筋的直径)。

2 梁的纵向钢筋宜采用强度高的钢种和直径大的钢筋，尽量减少钢筋的根数。可采用并筋方式布置梁的纵向钢筋，也可将梁的部分上部纵筋布置在板内，位置可在钢管外侧和柱外围纵筋的内侧(图 8.2.3)。

3 当采用钢板翅片转换型连接或钢管钢筋转换型连接时，梁纵向钢筋的根数宜为双数，每排宜 4 根，可双排布置。

4 梁纵向钢筋的连接接头不宜设置在核芯区内。

5 同一叠合柱结构的梁-柱连接方式宜相同，宜尽量减少梁-柱连接方式的类型。

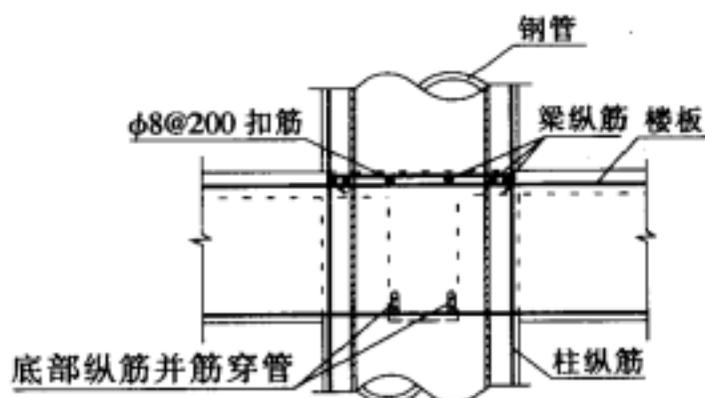


图 8.2.3 梁纵筋布置方式

8.2.4 钢筋混凝土梁与叠合柱采用钢管贯通型连接时，应符合下列规定：

1 上、下楼层钢管应贯通梁-柱节点核芯区(图 8.2.4)。

2 梁的部分纵向钢筋可绕过钢管布置，其余纵向钢筋可穿过钢管。绕过钢管布置的纵向钢筋的弯折度宜尽量小。

3 梁的纵向钢筋单筋穿过钢管时，钢管管壁上可开圆孔，其直径不宜小于 $d+13\text{mm}$ (d 为梁纵向钢筋的直径)。

4 梁的纵向钢筋并筋穿过钢管时，或梁最外侧为两排钢筋穿过钢管时，钢管管壁上可开长圆形孔，孔的大小应考虑施工时梁的

纵向钢筋能顺利穿过。

5 钢管管壁上开孔的位置,应考虑节点不同方向梁纵向钢筋标高的差异。

6 不同期施工的叠合柱和同期施工的叠合柱,钢管管壁开孔的截面损失率分别不宜大于 30%和 50%,超过时宜在孔侧和孔间加焊竖向肋板或钢筋补强。

7 应在核芯区的钢管壁外表面焊接不少于两道闭合的钢筋环箍。钢管直径不大于 400mm 时,环箍钢筋直径不宜小于 14mm;钢管直径大于 400mm 时,环箍钢筋直径不宜小于 16mm。环箍宜设在核芯区的中、下部位置,环箍与钢管可采用单面角焊缝焊接。

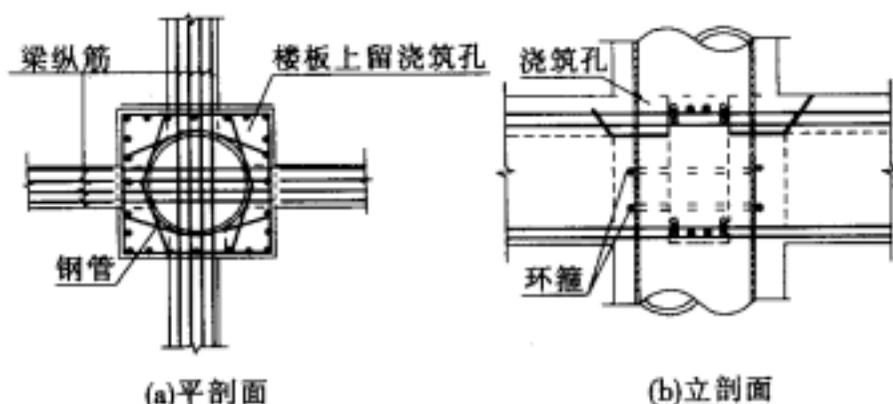


图 8.2.4 钢管贯通型连接节点构造

8.2.5 钢筋混凝土梁与叠合柱采用钢板翅片转换型连接时,应符合下列规定:

1 当上、下楼层的钢管在节点核芯区不贯通时,可采用小直径厚壁核心钢管(简称核心钢管)和钢板翅片(简称翅片)连接[图 8.2.5(a)、(b)]。

2 各楼层钢管的长度应为上一楼层梁底面至本楼层梁顶面之间的距离。

3 不同期施工和同期施工的叠合柱,核心钢管与翅片截面面积之和,分别不宜小于被连接钢管的较大截面面积的 60%和 50%。

4 翅片的数量应为 4 块,翅片与核心钢管之间应沿全长采用

双面角焊缝焊接。

5 核心钢管和翅片应伸出梁顶皮和梁底皮各不少于 300mm,翅片应插入上下楼层钢管的安装槽内,并与钢管采用双面角焊缝沿连接部位全长焊接。

6 钢筋混凝土梁每排纵向钢筋中应有两根焊于翅片上,纵向钢筋与翅片之间的净距可为 10mm,其间可设置绑条[图 8.2.5(c)]或托板。其他钢筋可穿过翅片贯通核芯区,每块翅片上可开 1 个圆孔或长圆孔[图 8.2.5(d)]。

7 应在核芯区的翅片外围设置封闭环箍,环箍钢筋的直径不宜小于 12mm,间距不宜大于 50mm。

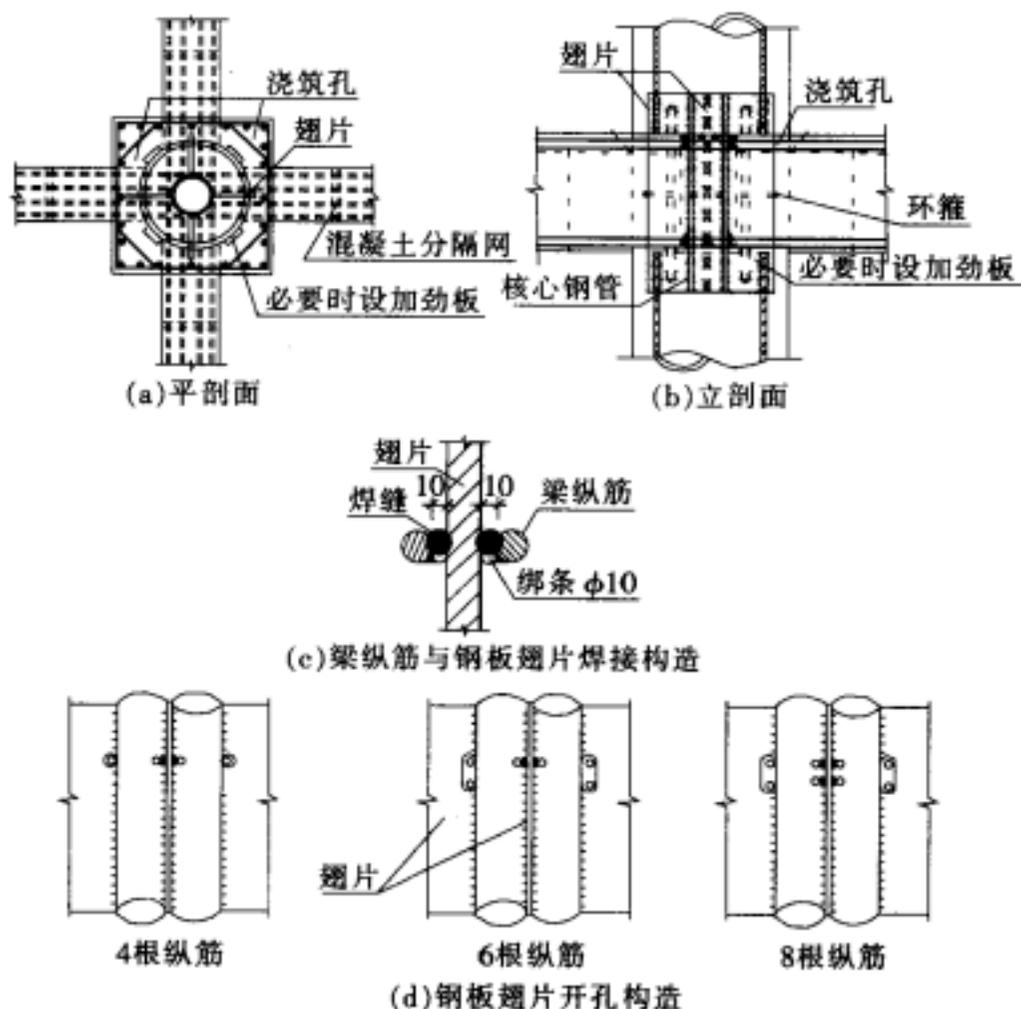


图 8.2.5 钢板翅片转换型连接节点构造

8.2.6 钢筋混凝土梁与同期施工的叠合柱采用钢管钢筋转换型连接时,应符合下列规定:

1 上、下楼层的钢管在核芯区不贯通时,可采用小直径厚壁核心钢管(简称核心钢管)、钢板翅片(简称翅片)和钢筋连接(图 8.2.6)。

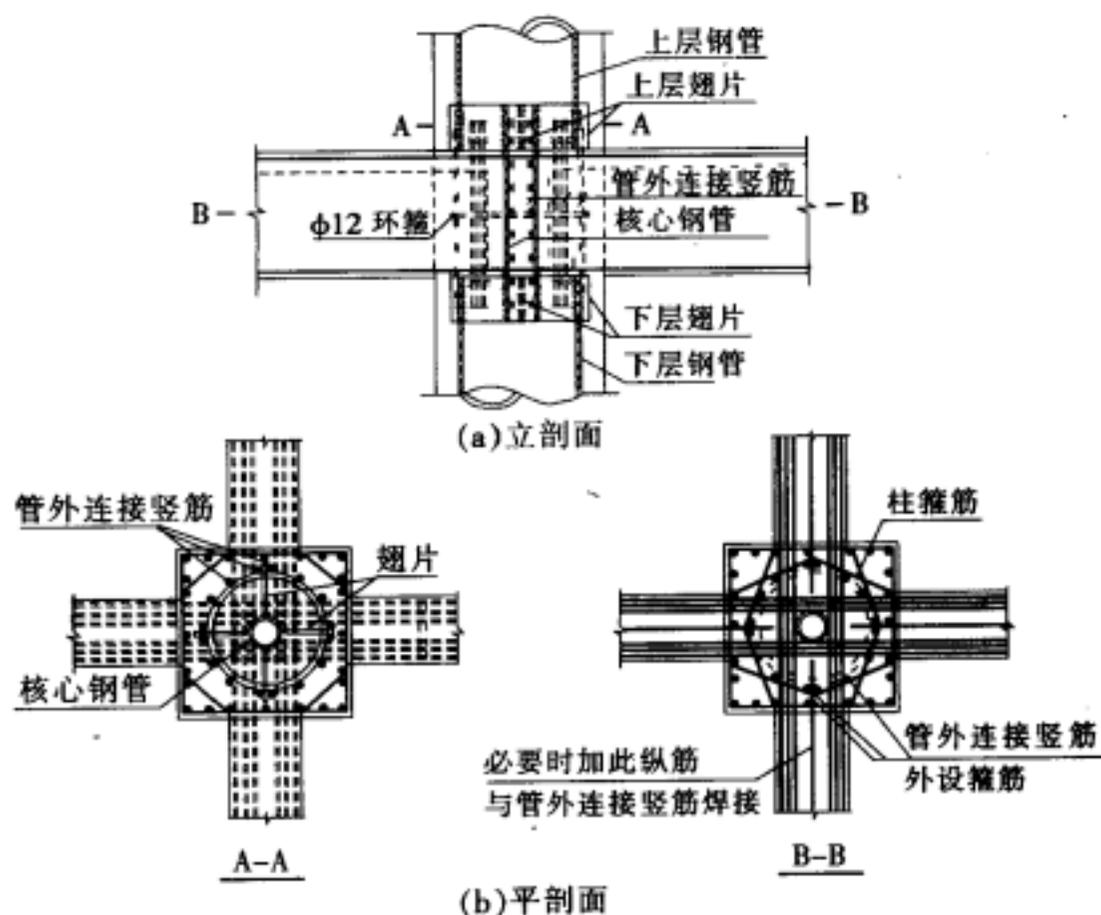


图 8.2.6 钢管钢筋转换型连接节点构造

2 各楼层钢管的长度应为上层梁底面至本层梁顶面之间的距离。

3 核心钢管、翅片和钢筋截面面积之和不宜小于被连接钢管的较大截面面积的 50%。

4 各楼层翅片的数量应为 4 块。翅片与核心钢管之间,应在伸出梁顶皮和梁底皮的长度范围内采用双面角焊缝焊接。

5 核心钢管和翅片应伸出梁顶面和梁底面各不少于 300mm。

翅片应插入上下层钢管的安装槽内,并与钢管采用双面角焊缝沿连接部位全长焊接。

6 上、下楼层的钢管之间应设置钢筋,宜在翅片两侧各布置1根,其余钢筋可沿钢管周长均匀布置;钢筋与钢管之间可采用双面角焊缝焊接,焊缝长度不宜小于 $5d$ (d 为钢筋直径);钢筋外应设置闭合环箍,环箍钢筋直径不宜小于12mm,间距不宜大于50mm。

7 钢筋混凝土梁的纵向钢筋穿过核芯区时,应符合本规程第8.2.5条第6款的规定。

8.2.7 当梁柱连接节点处仅有一根梁为钢骨(型钢)混凝土梁其他为钢筋混凝土梁时,钢骨混凝土梁与叠合柱的连接(图8.2.7)应符合下列规定:

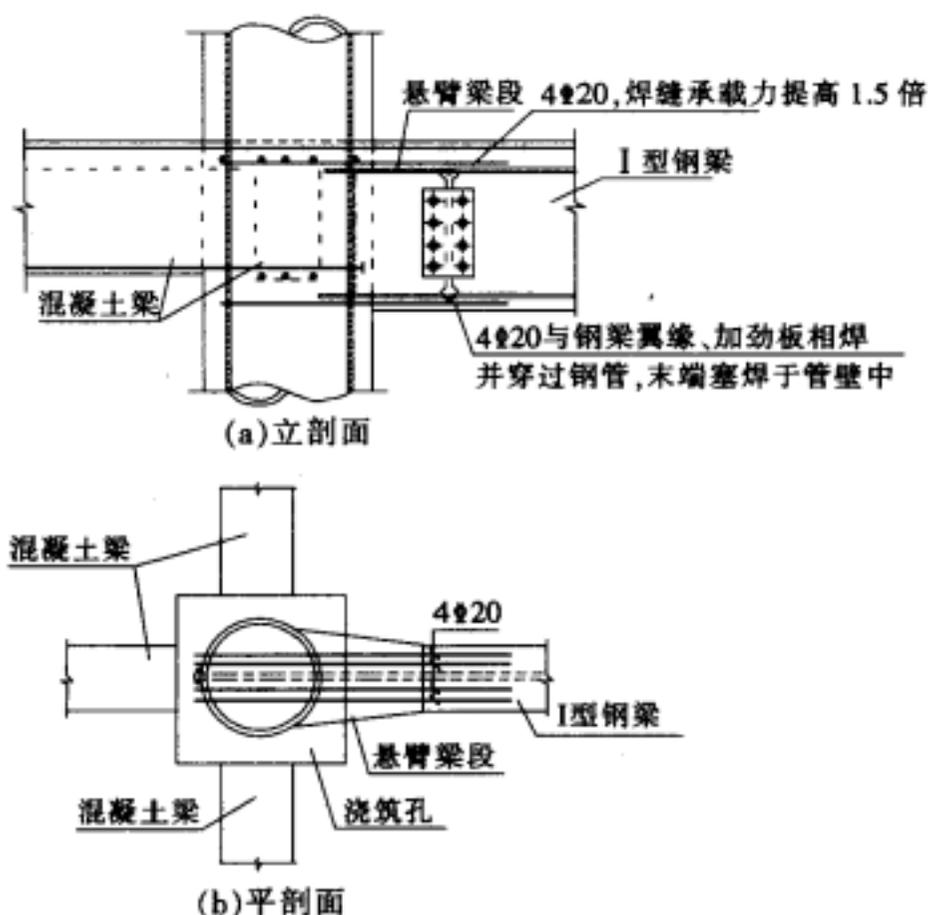


图 8.2.7 一根钢骨混凝土梁与钢管混凝土叠合柱连接节点构造

1 上、下楼层钢管应在核芯区贯通。

2 钢骨混凝土梁中的钢梁与钢管之间可通过钢悬臂梁段和钢筋连接。

3 连接钢梁与钢管的钢筋应与钢梁和悬臂梁段焊接,并穿过钢管,末端塞焊于钢管壁中。

4 悬臂梁段根部的翼缘应加宽;悬臂梁段翼缘与钢管应采用全熔透坡口焊缝连接,腹板应穿过钢管,腹板与钢管可采用角焊缝连接;悬臂梁段翼缘与钢梁翼缘应采用全熔透坡口焊缝连接,悬臂梁段腹板与钢梁腹板可通过连接板采用高强螺栓连接。

5 悬臂梁段翼缘和腹板的厚度应分别不小于钢梁翼缘和腹板的厚度。

6 钢骨混凝土梁的上部纵筋应穿过钢管,与钢筋混凝土梁的上部纵筋连接;底部纵筋应穿过钢管,末端塞焊于钢管壁中。

8.2.8 当梁柱连接节点处的梁均为钢骨混凝土梁时,钢骨混凝土梁与叠合柱的连接(图 8.2.8)应符合下列规定:

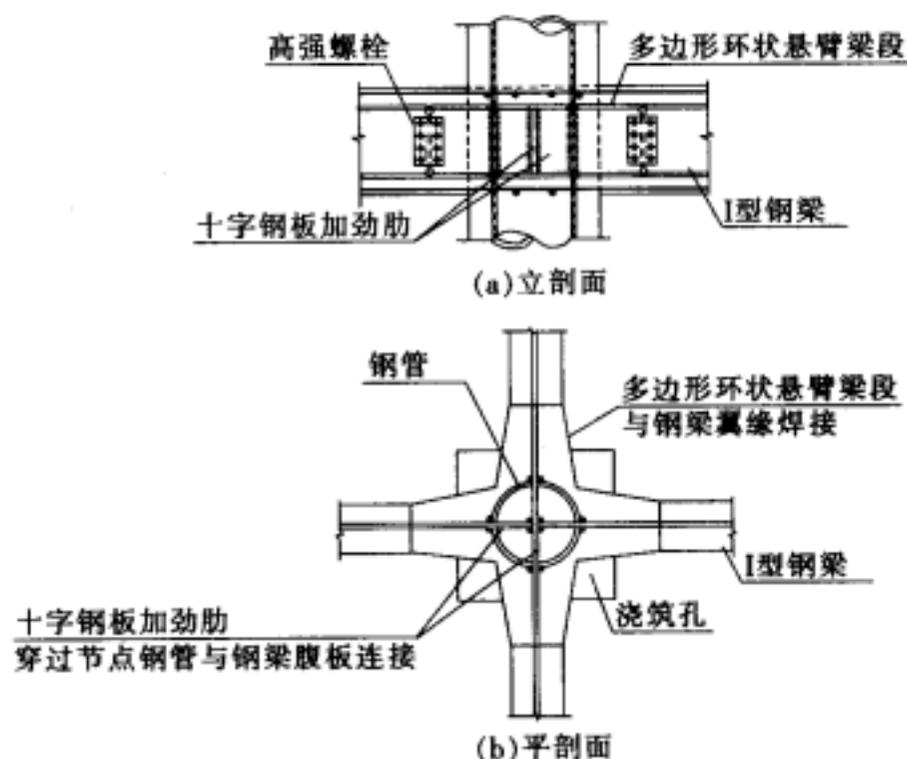


图 8.2.8 四根钢骨混凝土梁与钢管混凝土叠合柱连接节点

1 上、下楼层钢管应在核芯区贯通。

2 钢骨混凝土梁中的钢梁与钢管之间可通过多边形环状钢悬臂梁段连接。

3 悬臂梁段翼缘与钢管应采用全熔透坡口焊缝连接,腹板应穿过钢管,与钢管可采用角焊缝连接;悬臂梁段翼缘与钢梁翼缘应采用全熔透坡口焊缝连接,悬臂梁段腹板与钢梁腹板可通过连接板采用高强螺栓连接。

4 悬臂梁段翼缘和腹板的厚度应分别不小于钢梁翼缘和腹板的厚度。

5 钢骨混凝土梁的纵筋可穿过钢管与钢筋混凝土梁的纵筋连接,或与悬臂梁段的翼缘焊接。

8.2.9 当叠合柱结构采用钢-混凝土组合楼盖时,钢梁与钢管混凝土叠合柱的连接方式,可参照本规程第 8.2.7、8.2.8 条钢骨混凝土梁与钢管混凝土叠合柱连接方式执行。

8.3 组合柱与叠合柱连接

8.3.1 同期施工的叠合柱(即组合柱)与不同期施工的叠合柱连接时,可采用图 8.3.1 所示的连接构造。浇筑楼盖混凝土和组合柱的混凝土时,应留出浇筑叠合柱混凝土的后浇孔。

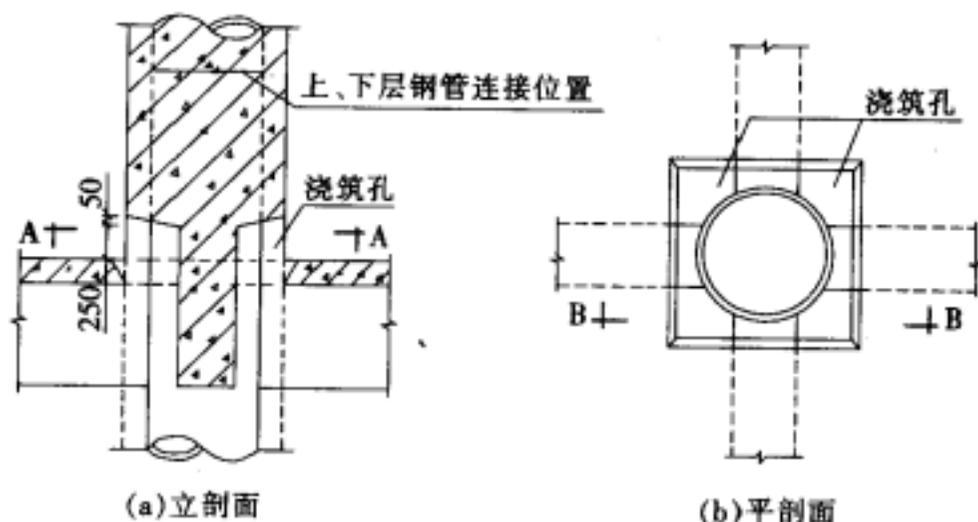


图 8.3.1 同期施工叠合柱与不同期施工叠合柱连接构造

8.4 叠合柱柱脚

8.4.1 叠合柱的柱脚可采用端承式图[8.4.1(a)]或埋入式[图8.4.1(b)],也可采用其他有效、可靠的形式。安装钢管时应采取定位措施。

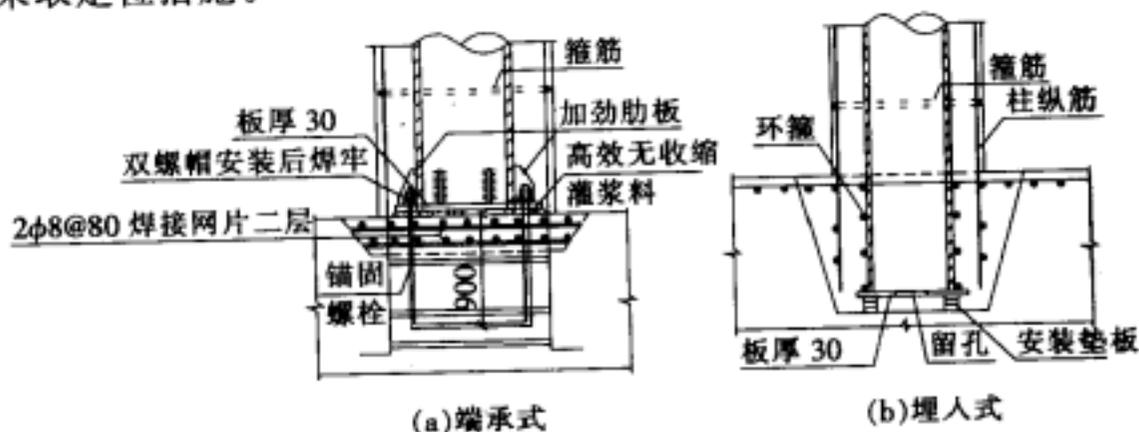


图 8.4.1 叠合柱的柱脚构造

8.4.2 对端承式柱脚,应验算钢管端部钢板下混凝土的局部承压;对埋入式柱脚,应验算钢管下混凝土的抗冲切。

8.4.3 端承式柱脚适用于钢管伸至地下室一层地面的叠合柱,钢管可与地下室二层的钢筋混凝土柱连接;埋入式柱脚适用于钢管伸至筏板基础的叠合柱或采用独立柱基础的叠合柱。

9 结构施工及验收

9.1 一般规定

9.1.1 叠合柱结构施工及验收应包括钢管制作和安装、钢管内混凝土浇筑和钢管外钢筋混凝土施工三部分。三部分施工应互相衔接,密切配合,使叠合柱成为整体构件。

9.1.2 应根据设计图纸和施工条件确定施工方案,编制施工组织设计;宜采用平行流水、立体交叉作业;支承施工机具的结构或地基,应进行承载力、变形和稳定验算,必要时应采取加固措施。

9.1.3 叠合柱结构施工及验收,除应符合本章的规定外,尚应符合现行有关标准的规定。

9.2 钢管施工

9.2.1 制作、安装钢管前,应根据已批准的设计技术文件编制施工详图并制定制作工艺。施工详图应取得工程设计单位同意。

9.2.2 焊接钢管在制作前应进行内壁除锈。

9.2.3 对高层建筑框架柱,钢管制作时应预留弹性压缩量,其值可由制作单位和设计单位根据实际情况共同确定。

9.2.4 钢管的拼接、开孔、开槽和节点组装,宜在专业钢结构工厂或工地的钢结构车间内进行,经质量检验合格后方可使用。

9.2.5 钢管对接时,应注意焊接变形的影响。应分段反向施焊,并保持对称,焊后管肢应保持平直。管肢对接间隙宜采用 0.5~2.0mm,对接间隙的具体取值可经试焊后确定。

9.2.6 对小直径钢管,钢管对接焊接前可采用点焊定位;对大直径钢管,可采用附加钢筋焊于钢管外壁作临时固定,固定点的间距可取 300mm,且不得少于 3 点。对超大直径钢管,对接时应采取

更稳妥、有效的方法定位固定。

9.2.7 钢管吊装前应对其内壁做除锈处理。

9.2.8 现场吊装钢管时,吊点的位置应经验算确定。应注意减少吊装荷载作用下钢管的变形,必要时可采取临时加固措施。

9.2.9 现场吊装钢管时,应将其上口包封,防止异物落入管内。

9.2.10 钢管吊装就位后应立即进行校正,并应采取临时固定措施保持钢管稳定。经检查合格后,应立即进行焊接固定。

9.2.11 当上下层钢管采用钢板翅片转换型连接时,可采用下列施工次序:钢板翅片与核心小直径厚壁钢管焊接,钢管上、下端事先各割出4个安装槽,翅片插入钢管上端的安装槽内并与钢管焊接;吊装带有核心钢管和翅片的钢管,将已安装的下层钢管柱的翅片插入钢管下端的安装槽内,经调整定位后焊接成整体,完成本层钢管的安装。

9.3 钢管内混凝土施工

9.3.1 钢管内浇筑的混凝土除应满足高强度、高弹性模量、低收缩、低徐变、早强、后期强度有一定增长等力学性能要求外,还应具有良好的工作性能(可泵送,不发生泌水离析现象等)。

9.3.2 混凝土的原材料、配合比设计、混凝土的拌制、运输、浇筑,应符合现行中国工程建设标准化协会标准《高强混凝土结构技术规程》CECS 104 的规定。

9.3.3 当采用强度等级高于 C60 的高强混凝土时,应在施工前进行配合比设计,通过充分试配并经包括现场试验在内的混凝土性能试验,确认满足要求后方可正式使用。所采用外加剂和掺合料的性能和组成应具有相容性。混凝土生产单位应掌握所生产的高强混凝土的配合比,可根据具体情况及时调整。

9.3.4 钢管内混凝土宜分楼层浇筑,且宜与钢管安装高度相一致,可每楼层一次浇筑,也可多楼层一次浇筑。

9.3.5 钢管内混凝土可采用高位抛落免振捣法、立式手工浇捣法

或泵送顶升浇筑法进行浇筑。应根据工程的具体施工条件确定管内混凝土的浇筑方法。

9.3.6 采用高位抛落免振捣法时,料斗的下口直径应比钢管内径小 100~200mm,混凝土下落时管内空气应能顺利排出。在抛落混凝土的同时,宜用粗钢筋棒适当插捣,特别是在上部 2m 范围内应仔细插捣,使混凝土充填密实。

9.3.7 采用立式手工浇捣法时,应采用振捣器振实混凝土。当管径大于 350mm 时,可采用振捣棒直接振捣混凝土,每次振捣时间不应少于 30s,一次浇筑高度不宜大于 2m。管径小于 350mm 时,可采用附着在钢管壁上的外部振捣器进行振捣,每次振捣时间不应少于 1min;外部振捣器的位置应随混凝土浇筑高度变化;外部振捣器工作时,以钢管横向振幅不小于 0.3mm 为有效,振幅可采用百分表实测。

9.3.8 钢管内混凝土多层一次浇筑时,可采用泵送顶升浇筑法。采用泵送顶升浇筑法时,钢管直径不宜小于泵径的 2 倍。

9.3.9 钢管内的混凝土宜连续浇筑,间歇时间不应超过混凝土的初凝时间。需留施工缝时,应封闭钢管,防止水、油和异物落入。

9.3.10 钢管内混凝土的浇筑质量,可通过敲击钢管进行初步检查,且可在钢管壁上钻小孔进行复查,如有异常,可采用超声波检测。对不密实的部位,应采用钻孔压浆法进行补强,然后将钻孔补焊封固。

9.3.11 钢管内混凝土浇筑后,应覆盖上部外露部分并浇水养护。

9.3.12 在冬期浇筑钢管内混凝土时,入管混凝土的温度应高于 15℃。当室外气温低于 5℃、高于 -10℃ 时,浇筑混凝土前应加热钢管并包裹覆盖;当室外气温低于 -10℃ 时,钢管外应包裹电热毯保温。

9.3.13 在梁柱核芯区与梁交界面处不应留施工缝。宜采用钢丝网或其他方法做好不同强度等级混凝土交界面的隔挡措施。

9.4 钢管外混凝土施工

9.4.1 对不同期施工的叠合柱,应根据设计采用的叠合比确定浇筑钢管外混凝土的间隔楼层数。

9.4.2 对不同期施工的叠合柱,不宜过早架设钢管外的钢筋笼。架设钢筋笼前应对钢管外壁进行除锈处理。

9.4.3 钢管外混凝土宜优先采用免振自密实混凝土,浇筑时应采用粗钢棒进行插捣,也可采用普通混凝土。

9.4.4 钢管外混凝土的浇筑及养护可采用与普通钢筋混凝土柱相同的方法。

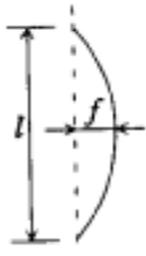
9.4.5 应选择适用的工具式模板及其支撑架。当需要清水混凝土时,模板应满足不抹灰的装饰效果要求。

9.5 叠合柱结构工程验收

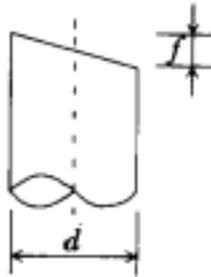
9.5.1 叠合柱结构工程验收除应符合本章的规定外,尚应符合现行有关标准的规定。钢结构工程验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定;混凝土结构工程验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

9.5.2 钢管的制作尺寸偏差不应大于表 9.5.2 规定的允许偏差值。钢管长度不应有负偏差。

表 9.5.2 钢管制作尺寸允许偏差

项 目	示 意 图	允许偏差值
纵向弯曲		$f=l/1000$ $f=10\text{mm}$ 取较小值

续表 9.5.2

项 目	示 意 图	允许偏差值
圆度		$f/d=3/1000$
管端不平度		$f/d=1/500$ $f=3\text{mm}$ 取较小值

9.5.3 钢管的吊装偏差应小于表 9.5.3 规定的允许偏差值。

表 9.5.3 钢管吊装允许偏差值

序 号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	立柱中心线和基础中心线	±5mm
2	立柱顶面标高和设计标高	+0mm, -20mm
3	立柱顶面不平度	±5mm
4	立柱不垂直度	长度的 1/1000, 且不大于 15mm
5	立柱的间距	间距的 1/1000
6	立柱上、下两平面相应对角线差	长度的 1/1000, 且不大于 20mm

附录 A 叠合柱框架梁柱节点 核芯区截面抗剪验算

A.0.1 叠合柱节点核芯区截面的剪力设计值应符合下列要求:

$$V_j \leq (0.3\eta_j \beta_c f_{co} b_j h_j) / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.1})$$

式中 V_j ——梁柱节点核芯区的剪力设计值,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算;

η_j ——正交梁的约束影响系数,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采用;

b_j ——节点核芯区的截面有效验算宽度,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算;

h_j ——节点核芯区的截面高度,可采用验算方向的柱截面高度。

A.0.2 当叠合柱上、下楼层钢管在核芯区采用贯通型连接时,节点核芯区截面受剪承载力应符合下列规定:

$$V_j \leq (1.1\eta_j f_{to} b_j h_j + 0.05\eta_j N b_j / b_c + f_{yv} A_{svj} (h_{bo} - a'_s) / s + f_v A_s) / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.2-1})$$

9 度时:

$$V_j \leq (0.9\eta_j f_{to} b_j h_j + f_{yv} A_{svj} (h_{bo} - a'_s) / s + f_v A_s) / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中 N ——对应于组合剪力设计值的上柱组合轴压力较小值。其取值不应大于柱截面面积与管外混凝土轴心抗压强度设计值乘积的 50%;当 N 为拉力时,取 $N=0$;

h_{bo} ——梁截面的有效高度,节点两侧梁截面有效高度不等时可采用平均值;

A_{svj} ——核芯区有效验算宽度范围内同一截面验算方向箍筋

的总截面面积；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值；

A_a ——核芯区钢管截面面积；

f_v ——核芯区钢管钢材抗剪强度设计值。

A.0.3 当柱上、下层钢管采用钢板翅片转换型连接时，节点核芯区截面的受剪承载力应符合下列规定：

$$V_j \leq [1.1\eta_j f_{10}(b_j h_j - A_q - A'_a) + 0.05\eta_j N b_j / b_c + f_{yv} A_{svj} (h_{b0} - a'_s) / s + f'_v A'_a + 0.75 f_{qv} A_q] / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.3-1})$$

9度时：

$$V_j \leq [0.9\eta_j f_{10}(b_j h_j - A_q - A'_a) + f_{yv} A_{svj} (h_{b0} - a'_s) / s + f'_v A'_a + 0.75 f_{qv} A_q] / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中 A'_a ——核芯区内小直径钢管的截面面积；

f'_v ——核芯区内小直径钢管钢材的抗剪强度设计值；

A_q ——与受剪承载力验算方向平行的钢板翅片截面面积；

f_{qv} ——钢板翅片钢材的抗剪强度设计值。

本规程用词说明

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,非这样做不可的:

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做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的:

正面词采用“可”;

反面词采用“不可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。非必须按所指定标准执行时,写法为“可参照……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

钢管混凝土叠合柱
结构技术规程

CECS 188 : 2005

条文说明

目 次

1	总 则	(55)
2	术语和符号	(57)
3	材 料	(58)
4	荷载和地震作用	(60)
5	结构设计基本规定	(61)
5.1	结构设计	(61)
5.2	结构计算	(63)
6	叠合柱框架设计	(64)
6.1	一般规定	(64)
6.2	叠合柱设计	(64)
7	钢管混凝土剪力墙设计	(67)
8	构件连接	(68)
8.1	钢管接长	(68)
8.2	梁柱连接	(68)
8.4	叠合柱柱脚	(69)
9	结构施工及验收	(70)
9.1	一般规定	(70)
9.2	钢管施工	(70)
9.3	钢管内混凝土施工	(70)
9.4	钢管外混凝土施工	(71)
9.5	叠合柱结构工程验收	(71)

1 总 则

1.0.1 钢管混凝土叠合柱(简称叠合柱)结构是一种新型建筑结构。叠合柱结构已用于工程,且已经取得了良好的社会效益和经济效益。经过大量的结构试验研究及工程应用,叠合柱结构的设计、施工技术已基本成熟,在此基础上制定了本规程。编制本技术规程的目的,就是使叠合柱结构的设计、施工有据可依,促进其推广应用。

1.0.2 钢管混凝土叠合柱是由截面中部的钢管混凝土和钢管外的钢筋混凝土叠合而成的柱。按照钢管内混凝土和钢管外混凝土是否同期浇筑,叠合柱可分为同期施工叠合柱和不同期施工叠合柱。同期施工的叠合柱也称组合柱。不同期施工叠合柱的施工大体分为三步:①安装钢管,浇筑钢管内混凝土,形成钢管混凝土柱。②以钢管混凝土柱为楼盖梁的支柱,施工楼盖结构,使钢管混凝土柱承受施工期间的竖向荷载。浇筑楼板混凝土时,在柱周围的楼板上预留后浇孔。③钢管混凝土柱施工时承受的轴压力达到该柱轴压力值的 $0.3\sim 0.6$ 倍时,浇筑钢管外混凝土,成为钢管混凝土叠合柱。

叠合柱的主要优点有:①钢管内浇筑高强混凝土,钢管的约束作用使钢管内混凝土的抗压强度大幅度提高,且不会发生脆性破坏。钢管混凝土位于截面中部,可以充分发挥高强混凝土承压能力高的优势,从而减少柱的截面尺寸、增大建筑的使用空间。②作用在叠合柱截面上的轴向压力,按轴向刚度分配给钢管混凝土和钢管外的钢筋混凝土。钢管混凝土的轴向刚度随其轴心受压承载力的提高而提高。对同期施工的叠合柱,由于钢管内高强混凝土的弹性模量高、承载力大,承担的轴压力大于按截面面积比例分配

的轴压力。对不同期施工的叠合柱,浇筑钢管外混凝土时,钢管混凝土已经承受了一部分轴压力,叠合后,剩余部分的轴压力按轴向刚度分配给钢管混凝土和钢管外的钢筋混凝土。管内、外混凝土强度差别越大,钢管混凝土的套箍指标越大;钢管内混凝土分担的轴压力的比值越高,钢管外混凝土分担的比值越小。由于叠合柱中钢筋混凝土部分承担的轴压力小、轴压比低,通过配置适量的纵筋和箍筋,容易实现具有延性的大偏心受压破坏形态。③截面中部的钢管混凝土提高了柱的抗剪承载力,容易实现强剪弱弯。④钢管混凝土提高了节点核芯区的抗剪承载力,可简化核芯区构造,方便施工。⑤在轴压力和往复水平力作用下,由于钢管混凝土的存在,延长了叠合柱从屈服到破坏的过程,提高了柱端塑性铰的转动能力,使叠合柱具有良好的延性和耗能能力。⑥钢管内和钢管外都有混凝土,钢管壁不会发生屈曲。⑦钢管外的混凝土可起到抗火作用。

1995年辽宁省建筑设计研究院提出叠合柱的概念,并会同大连理工大学、哈尔滨工业大学和清华大学进行了大量的试验,研究了叠合柱及其节点核芯区的受力性能和设计方法,随后叠合柱首先应用于沈阳日报社大厦的地下室逆作法施工。1996年,辽宁省邮政枢纽采用叠合柱,成为第一幢采用叠合柱结构的高层建筑。至今,仅辽宁地区已有19幢高层建筑采用叠合柱结构,其中16幢已经建成并投入使用,包括层高为23层的辽宁省邮政枢纽、22层的沈阳和泰大厦、33层的沈阳电力花园双塔、28层的沈阳远吉大厦等。其中,远吉大厦和贵和大厦在钢管内采用C100高强混凝土;富林广场在钢管内设计采用C90混凝土,实际按C100混凝土施工,检测表明,钢管内混凝土达到C100的强度。

钢管混凝土叠合柱适用于我国非抗震和抗震地区的建筑结构,尤其适用于抗震设防地区的高层建筑结构。

2 术语和符号

本章列出了与钢管混凝土叠合柱结构有关的主要术语,包括:叠合柱、钢管混凝土剪力墙等。我国现行标准中已采用过的术语没有列入。

3 材 料

3.0.1~3.0.6 规定了钢管和结构用钢的牌号。规定了对钢管焊接的要求、对焊接材料的要求、对焊缝的要求和对钢筋的要求。从性价比考虑,建议采用 Q345 钢的钢管。

3.0.7、3.0.8 钢筋的强度值和弹性模量值与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定一致。

3.0.9、3.0.10 C40~C80 混凝土的强度值和弹性模量值与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定一致。C85~C100 混凝土的强度值和弹性模量值,取 C40~C80 混凝土规范规定强度值和弹性模量值的外推值。表 1 列出了 4 组(每组 3 个试块)碎石高强度混凝土的材料性能试验结果。GB 50010—2002 中对 C80 采用的棱柱体强度与立方体强度的比值为 0.82,由此外推 C100 的棱柱体强度与立方体强度的比值为 0.86,试验实测的平均值为 0.89,高于外推值。由于试验值比较少,因此仍采用 0.82。混凝土考虑脆性的折减系数也采用 GB 50010—2002 的外推值。试验得到的立方体强度为 112~125MPa 的混凝土的弹性模量远大于本规程的规定值。

对 C80 以上的混凝土,不同配合比时弹性模量可能相差较大。因此,C80 以上混凝土的弹性模量也可根据实测结果采用。

表 1 混凝土材料性能试验结果(N/mm²)

组号	f_{cu}^c	f_c^c	f_c^c/f_{cu}^c	E_c^c
1	112.4	105.6	0.94	5.0×10^4
2	120.9	105.9	0.88	4.77×10^4
3	122.6	108.1	0.88	—

续表 1

组号	f_{cu}^0	f_c^0	f_c^0/f_{cu}^0	E_c^0
4	125.1	104.7	0.84	5.27×10^4
平均	120.3	106.1	0.89	5.01×10^4

注： f_{cu}^0 —混凝土立方体强度试验值；

f_c^0 —混凝土棱柱体强度试验值；

E_c^0 —混凝土弹性模量试验值。

4 荷载和地震作用

4.0.1、4.0.2 叠合柱结构的荷载取值、地震作用的计算方法,与钢筋混凝土高层建筑结构相同,按现行规范、规程的规定执行。

4.0.3 叠合柱结构的计算自振周期折减系数,与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定一致。

4.0.4 叠合柱结构属钢筋混凝土结构,阻尼比取 0.05。

5 结构设计基本规定

5.1 结构设计

5.1.1 本条规定了叠合柱结构中叠合柱的布置要求。部分框支剪力墙结构的框支柱是框支层的重要抗震防线,宜采用不同期施工的叠合柱。在一幢建筑内,可以从下到上全部采用叠合柱,也可以底部采用不同期施工的叠合柱、中部采用同期施工的叠合柱即组合柱、上部采用钢筋混凝土柱。叠合柱的优点显著,当采用叠合柱时,应有尽可能多的楼层采用叠合柱。采用叠合柱的层数,可以通过计算确定,但采用叠合柱的最少层数应符合本条的规定。当建筑高度在 A 级高度与 B 级高度之间且未接近 B 级高度时,采用叠合柱的高度可在房屋高度的 $1/3$ 与 $2/3$ 之间。

5.1.2 本条规定了钢管混凝土剪力墙的布置要求。钢管混凝土剪力墙包括无端柱和有端柱两种。无端柱剪力墙包括一字形墙、端部有翼墙的墙和转角墙。在一般情况下,框架-剪力墙结构中剪力墙的端部有框架柱,且该框架柱为叠合柱时,即为有端柱钢管混凝土剪力墙。

与钢筋混凝土剪力墙相比,钢管混凝土剪力墙正截面承载力和斜截面承载力提高,延性和耗能能力大。在框架-剪力墙、框架-核心筒和筒中筒结构中,剪力墙和筒是主要抗震结构构件,而底部加强部位是需要提高抗震能力的重点部位,在底部加强部位及以上一层或若干层布置钢管混凝土剪力墙,对于提高整体结构的抗震能力,尤其是提高其抗倒塌能力,是很有利的。实际工程中,不管建筑高度是否超过 A 级高度,都可布置钢管混凝土剪力墙。

本条还规定了剪力墙内设置钢管混凝土的位置。洞口两侧不一定都要设置钢管。筒是指框架-核心筒的核心筒、筒中筒的内

筒、框架-剪力墙的楼电梯井筒；对于平面为矩(方)形的筒，筒的转角是指其四角。

采用钢-混凝土组合楼盖时，在与钢梁连接的位置，筒的墙内设置钢管混凝土，可以方便钢梁与筒的连接。

5.1.3 叠合柱结构可以采用钢筋混凝土楼盖，也可以采用钢-混凝土组合楼盖。钢-混凝土组合楼盖是指由钢梁、压型钢板、现浇混凝土楼板组成的楼盖，钢梁与现浇混凝土楼板之间采用栓钉或其他剪力连接件连接。实际工程中，可以是整幢建筑采用钢-混凝土组合楼盖，也可以局部(如梁跨度大的部位)采用钢-混凝土组合楼盖。

现浇混凝土楼盖的整体性好，对抗震有利。当叠合柱结构采用钢筋混凝土楼盖时，应尽可能采用现浇混凝土。

5.1.6 采用叠合柱结构的乙类和丙类高层建筑的最大适用高度，对框架结构和9度抗震设防时，与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3对A级高度钢筋混凝土高层建筑最大适用高度的规定相同；非抗震设计和6、7、8度抗震设防时，除框架结构外，其他结构的最大适用高度与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3对B级高度钢筋混凝土高层建筑最大适用高度的规定相同。

本条规定的最大适用高度，适用于采用钢筋混凝土楼盖和钢-混凝土组合楼盖的叠合柱结构。

叠合柱结构超限高层建筑的抗震专项审查，应按照中华人民共和国建设部令第111号文《超限高层建筑工程抗震设防管理规定》执行。采用叠合柱和钢管混凝土剪力墙，可作为超限高层建筑结构的加强措施。

5.1.7 由于叠合柱的抗震性能优于钢筋混凝土柱、钢管混凝土剪力墙的抗震性能优于钢筋混凝土剪力墙，因此，当按抗震设计的框支剪力墙结构的框支柱为叠合柱，且框支层设置钢管混凝土剪力墙时，地面以上的大空间层数，8度时比现行行业标准《高层建筑

混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定多 2 层、7 度时多 3 层。

5.1.8 叠合柱结构的抗震等级划分,与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对相同烈度、相同结构类型、相同高度的钢筋混凝土高层建筑结构的抗震等级划分相同。对采用钢梁-混凝土组合楼盖的叠合柱框架,其抗震等级适用于叠合柱。

5.1.9~5.1.11 与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定相同,增加了框架-剪力墙结构在基本振型地震作用下框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总倾覆力矩的 50% 时,其剪力墙的抗震等级应按框架-剪力墙结构确定的规定。

5.2 结构计算

5.2.1、5.2.2 规定了叠合性结构弹性内力和位移计算、荷载效应组合应遵循的标准。

5.2.3 叠合柱的截面弹性刚度为管内混凝土、钢管和管外混凝土弹性刚度之和,不考虑管外混凝土开裂引起的刚度降低。

5.2.4 钢管混凝土截面面积在剪力墙截面面积中所占比例较小,钢管混凝土剪力墙的刚度可取相同截面的钢筋混凝土剪力墙的刚度,忽略钢管对刚度的影响。

5.2.5 叠合柱结构弹性计算时,应考虑现浇混凝土楼盖和装配整体式楼盖的楼板对梁刚度的增大作用。

6 叠合柱框架设计

6.1 一般规定

6.1.1 规定了采用叠合柱的各类结构中,对框架梁和叠合柱的弯矩、剪力设计值的调整或增大要求。

6.1.2 本条规定了钢梁-叠合柱框架强柱弱梁的抗震设计要求。式(6.1.2)和式中柱端的弯矩增大系数 η_c 值是参考国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50010—2001 式(6.2.2-1)和式(8.2.5-1)确定的。

6.1.3 本条规定了叠合柱最小受剪截面的要求。验算叠合柱的最小受剪截面时,考虑了钢管约束对管内混凝土轴心抗压强度的提高作用。

6.2 叠合柱设计

6.2.1 不同期施工的叠合柱,其空钢管承受的轴向压力不宜过高。

6.2.2 不同期施工的叠合柱,在浇筑钢管外混凝土前,配置在截面中部的钢管混凝土柱已经承受了部分竖向荷载。钢管混凝土柱先期承受的竖向荷载设计值与叠合柱承受的轴压力设计值的比值称为叠合比。叠合比若过大,则有可能不满足叠合后的承载力要求;若过小,则不能充分发挥叠合柱的特点。本条规定了叠合比的取值范围,其值可通过多次试算确定。

6.2.3 规定了叠合柱承受的轴压力设计值在钢管混凝土和管外钢筋混凝土之间的分配方法;对不同期施工的叠合柱,轴压力设计值扣除钢管混凝土柱已承担的部分后,按管外混凝土和管内混凝土的轴向刚度分配;对同期施工的叠合柱,轴压力设计值按管外

混凝土和管内混凝土的轴向刚度分配。管内混凝土的轴向刚度，考虑钢管的约束后随强度的提高而提高的。

6.2.4 钢管混凝土柱设置在叠合柱截面的中部，以承受轴向压力为主；当钢管直径与柱截面边长之比较大时，也承受了少量弯矩。为使钢管混凝土的承载力有一定的储备，不能用足钢管混凝土柱的轴向受压承载力。因此，本条规定了钢管混凝土柱承受的轴压力限值。由于钢管混凝土的外围有钢筋混凝土， φ_1 可取 1.0。

6.2.5、6.2.6 参照现行中国工程建设标准化协会标准《钢管混凝土结构与施工规程》CECS 28：90 和试验结果，给出了钢管混凝土柱的轴心受压承载力计算公式。钢管混凝土柱考虑长细比影响的轴心受压承载力折减系数 φ_1 ，按 CECS 28：90 的规定取用；钢管混凝土柱的等效计算长度，也可按 CECS 28：90 的规定计算。

6.2.7 轴心受压叠合柱的正截面受压承载力由两部分组成。其中，钢筋混凝土部分的正截面受压承载力，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中钢筋混凝土柱轴心受压承载力的公式计算；钢管混凝土部分的轴心受压承载力，按本规程式(6.2.5-1)计算。

6.2.9 本条给出了在轴向力和弯矩作用下叠合柱正截面承载力的验算方法。基本出发点是取钢管外钢筋混凝土承受的轴向力、叠合柱承受的弯矩进行正截面承载力验算。

6.2.10、6.2.11 矩形截面偏心受压叠合柱的斜截面受剪承载力计算公式，是根据 38 个试件的试验结果得到的。偏心受拉叠合柱的斜截面受剪承载力计算公式，是参照偏心受压叠合柱的斜截面受剪承载力计算公式建立的。

6.2.12 为发挥钢管对混凝土的约束作用，钢管混凝土的套箍指标不宜过小。钢管直径与柱截面边长的比值越大，对于充分发挥叠合柱中钢管混凝土的作用越有利，且在相同含管率的情况下，钢管的直径越大，则钢管的壁厚越小。

6.2.13 高强混凝土用于高层建筑的最有效途径是将其填充在圆钢管内而成为钢管高强混凝土柱。叠合柱钢管内的混凝土不但应高强,使其具有高的轴向受压承载力,而且应高弹性模量,使其轴向刚度大,轴向变形小。为了充分发挥核心钢管混凝土的作用,本规程规定钢管内可采用 C100 混凝土。钢管外为箍筋约束混凝土,其强度不宜过高。对同期施工的叠合柱,管内、外可采用相同强度等级的混凝土,也可采用不同强度等级的混凝土。

6.2.14 叠合柱的特点之一是充分利用了钢管混凝土轴心受压承载力高的优点,减少了钢管外钢筋混凝土承受的轴压力。计算叠合柱的轴压比时,所采用的轴压力为钢管外混凝土承受的轴压力设计值。

6.2.15~6.2.17 按抗震设计的叠合柱,其纵向钢筋的最小总配筋率、箍筋加密区的箍筋最大间距和最小直径,与相同抗震等级的钢筋混凝土框架柱相同。计算叠合柱的纵向钢筋总配筋率时,不计钢管和钢管混凝土的面积,只取钢管外混凝土的面积。

6.2.18 对钢管直径与柱截面边长之比较大的叠合柱,全部采用封闭复合箍施工有困难,可以采用外围矩(方)形箍筋与拉筋组成的复合箍。柱端箍筋加密区的钢管外壁焊接闭合的钢筋环箍,目的是加强钢管混凝土与管外钢筋混凝土的共同工作。

6.2.19 由于钢管内的混凝土已经受到钢管的约束,因此,计算叠合柱的体积配箍率时,不计钢管和钢管混凝土的体积。

6.2.20 本条的目的是防止大震时结构倒塌。大震时,即使叠合柱钢管外的混凝土被压碎、破坏,钢管混凝土还能支承结构自重,避免结构倒塌。

7 钢管混凝土剪力墙设计

7.0.2 本条规定了无端柱剪力墙边缘构件内设置参与受力的钢管混凝土时的构造要求。

7.0.3 剪力墙的端柱内设置钢管混凝土时,端柱的构造要求与叠合柱的要求相同。

7.0.4 端部配置钢管混凝土的剪力墙,墙肢中竖向和横向分布钢筋的配筋与现行有关标准的规定相同。

7.0.5 钢骨混凝土剪力墙的试验结果表明,剪力墙端部钢骨在正截面承载力中的作用与端部钢筋相同;采用钢筋混凝土剪力墙截面在压弯作用下的计算方法计算钢骨混凝土剪力墙,其结果与试验吻合。参考钢骨混凝土墙,对设置钢管混凝土的剪力墙,其正截面承载力验算时,钢管可作为墙的纵向钢筋计入。

7.0.6 为避免剪力墙腹板过早出现斜裂缝,本条限制了腹板混凝土的剪压比,限值与钢筋混凝土剪力墙的剪压比限值相同。

7.0.7、7.0.8 钢管混凝土剪力墙的受剪承载力采用叠加方法计算,即钢筋混凝土腹板的受剪承载力与钢管的受剪承载力叠加。腹板受剪承载力采用现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 规定的方法计算。在计算其受剪承载力时应采用分配到腹板上的轴向力, A_w/A 是腹板面积与剪力墙全面积之比。无端柱钢骨混凝土剪力墙的试验表明,钢骨的抗剪作用主要表现为销栓作用。钢管的抗剪作用也考虑为销栓作用。

7.0.9 无端柱钢管混凝土剪力墙的轴压比限值与钢筋混凝土剪力墙相同;对有端柱钢管混凝土剪力墙,考虑端柱的作用,其轴压比限值提高 0.05。计算轴压比时,应考虑钢管对混凝土的约束作用。

8 构件连接

8.1 钢管接长

本节规定了等直径钢管和不同直径钢管接长的要求。

8.2 梁柱连接

8.2.1 本条规定了梁与叠合柱连接的基本要求。

8.2.2 本条规定了梁、柱中心线错位、相邻跨梁的中心线错位时梁与叠合柱的连接方式。

8.2.3 规定了钢筋混凝土梁与叠合柱连接的具体要求。

8.2.4~8.2.6 钢筋混凝土梁与叠合柱连接时,可采用钢管贯通型连接、钢板翅片转换型连接或钢管钢筋转换型连接。规定了这三种连接节点的构造要求,这些构造已经在工程中得到应用。钢管贯通核芯区时,需在管壁开孔,梁的纵向钢筋直接穿过。钢管不贯通时,可采用厚壁小直径钢管加钢板翅片连接上下层钢管。上下层钢管不贯通,便于梁的纵向钢筋穿过核芯区,但应保证连接有足够的承载力。

8.2.7~8.2.9 规定了钢骨混凝土梁(型钢混凝土梁)与叠合柱连接的构造要求和钢梁与叠合柱连接的构造要求。所规定的钢骨混凝土梁中的钢梁与叠合柱中的钢管的连接构造,是根据下列研究成果确定的: Atorod Azizinamini, Stephen p. Schneider. Moment connections to circular concrete filled-steel tube columns, Journal of Structural Engineering, ASCE, 2004, 130(2): 213-222。该论文的内容是美国-日本地震工程研究计划中有关组合结构和混合结构方面研究成果的一部分。

8.4 叠合柱柱脚

本节规定了对叠合柱柱脚的要求。

9 结构施工及验收

9.1 一般规定

9.1.1 叠合柱的柱身由三部分组合而成,不同期施工时也可分为前后错开的三个阶段,各个阶段相对独立。第一阶段为钢管制作和安装,钢管在工厂预制;第二阶段为浇筑钢管内混凝土;第三阶段为浇筑钢管外混凝土。第三阶段施工时,不影响主体结构的向上施工进度。同期施工的叠合柱,其第二、三阶段合为一个施工阶段,试点工程表明,只要合理组织施工,叠合柱结构的施工并不复杂,其进度比同类的钢筋混凝土结构略快。

9.1.3 本条规定了叠合柱结构的施工技术要求。除执行本规程外,尚应遵守现行的相关国家标准和行业标准。

9.2 钢管施工

9.2.1 钢管制作前,应根据已批准的设计技术文件编制施工详图并制定制作工艺,以便较好地把握制作条件、安装技术与设计文件结合起来,使设计、施工更趋完善,质量更有保证。

9.2.2~9.2.11 这些条文是根据现行有关钢结构的标准,结合叠合柱结构的特点,吸收了已建工程的经验而制定的。

9.3 钢管内混凝土施工

9.3.1~9.3.3 叠合柱管内混凝土受钢管和管外混凝土的约束,使高强混凝土的高强度和弹性模量能够充分发挥作用,而高强混凝土脆性大、抗火能力差的缺陷可得到有效克服。钢管内、外的混凝土还能起到约束钢管管壁的作用,使管壁不致压屈,可保持柱身的稳定性,提高叠合柱的承载能力。因此,本规程规定叠合柱的

钢管内应填充高强混凝土。近年来,高强混凝土的配制、生产和应用发展很快,各地的经验不尽相同,这三条强调了要做好配合比设计,采用的外加剂、掺合料应有相容性,同时,混凝土生产单位应掌握所采用外加剂、掺合料的名称、性能和用量,以根据生产情况及时予以调整。

9.3.4~9.3.13 浇筑钢管内混凝土比浇筑钢筋混凝土柱容易,因为钢管内无钢筋骨架和穿心部件,钢管截面又是圆形,是密闭性和整体性非常好的模板。当采用免振自密实混凝土时,浇筑十分简单,特别适合于泵送后高位抛落。但是,对管内混凝土的浇筑质量无法直观检查,其质量主要依靠严密的施工组织、明确的岗位责任制和操作人员的责任心。

本规程给出的高位抛落免振捣法、立式手工浇捣法和泵送顶升浇筑法三种浇筑混凝土的方法,是根据国内已建钢管混凝土结构和采用叠合柱的高层建筑的施工经验制定的。

9.4 钢管外混凝土施工

钢管外混凝土的施工要求与普通钢筋混凝土的施工要求相同。

9.5 叠合柱结构工程验收

叠合柱结构是由钢构件(包括钢管)和钢筋混凝土构件组成,工程的施工验收应按钢结构和钢筋混凝土结构工程施工验收的要求执行。