

装配整体式混凝土住宅体系设计规程

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市工程建设规范

装配整体式混凝土住宅体系 设计规程

Code for design of assembled
monolithic concrete buildings

DG/TJ08—2071—2010

J11660—2010

2010 上海

上海市工程建设规范

装配整体式混凝土住宅体系
设计规程

Code for design of assembled
monolithic concrete buildings

DG/TJ08—2071—2010

主编单位:同济大学

批准部门:上海市城乡建设和交通委员会

施行日期:2010年8月1日

2010 上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2010]512号

上海市城乡建设和交通委员会关于批准
《装配整体式混凝土住宅体系设计规程》
为上海市工程建设规范的通知

各有关单位:

由同济大学主编的《装配整体式混凝土住宅体系设计规程》,经市建设交通委科技委技术审查和我委审核,现批准为上海市工程建设规范,统一编号为 DG/TJ08—2071—2010,自 2010 年 8 月 1 日起实施。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、同济大学负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一〇年五月二十八日

前 言

根据上海市建设和交通委员会沪建交[2008]470号文《2008年上海市工程建设规范和标准编制计划》的要求,规程编制组经广泛的调查研究,开展专题研究,认真总结工程实践,参考国内外有关标准和规范,并在广泛征求意见的基础上,制定了本规程。

本规程的主要内容包括:1. 总则;2. 术语和符号;3. 材料;4. 建筑设计;5. 结构设计基本要求;6. 叠合式受弯构件设计;7. 装配整体式混凝土框架节点设计;8. 连接设计;9. 预制叠合剪力墙设计;10. 预制保温外墙设计及附录。

各单位在执行本规程时,请将有关意见和建议反馈给同济大学建筑工程系(地址:上海市四平路 1239 号;邮编:200092),以供今后修订时参考。

本规程主编单位:同济大学

参 编 单 位:同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

上海现代建筑设计(集团)有限公司

上海市建工设计研究院有限公司

上海万科房地产有限公司

上海市建筑科学研究院(集团)有限公司

上海建工(集团)总公司

中国建筑第八工程局

沛丰建筑工程(上海)有限公司

本规程主要起草人:薛伟辰 吕西林(以下按姓氏笔划排列)

丁洁民 马建荣 王玉岭 王桂玲

王大春 王君若 王李果 田 炜

石 成 许清风 江遐龄 刘 强

刘振勇 苏 奇 李向民 李检保

李 杰 李伟兴 李振鸿 李纛宓

吴子良 杨新磊 杨佳林 张家华

张吉华 张 斌 沈孝庭 陈妙芳

周洪涛 周晓红 胡 翔 高承勇

栗 新 巢 斯 黄一如 曹毅然

章红梅 葛兆源 鲁 亮 颜宏亮

本规程主要审查人:沈 恭 王惠章 张立新 苏旭霖

赵为民 王恒栋 南建林 刘文光

上海市建筑建材业市场管理总站

2010 年 5 月

目 次

1 总 则	(1)	5.2 承载能力极限状态计算规定	(30)
2 术语和符号	(2)	5.3 正常使用极限状态验算规定	(31)
2.1 术 语	(2)	5.4 装配整体式混凝土框架结构分析	(33)
2.2 符 号	(3)	6 叠合式受弯构件设计	(35)
3 材 料	(6)	6.1 一般规定	(35)
3.1 混凝土	(6)	6.2 正截面受弯承载力设计	(36)
3.2 钢材与钢筋	(7)	6.3 斜截面承载力设计	(37)
3.3 保温材料	(10)	6.4 叠合面水平受剪承载力设计	(38)
3.4 防水材料	(13)	6.5 裂缝宽度验算	(39)
3.5 其他材料	(17)	6.6 正常使用极限状态下的挠度验算	(39)
4 建筑设计	(18)	6.7 构造要求	(41)
4.1 一般规定	(18)	7 装配整体式混凝土框架节点设计	(42)
4.2 建筑模数	(19)	7.1 一般规定	(42)
4.3 套型设计	(20)	7.2 构造要求	(42)
4.4 预制构配件设计与应用	(21)	7.3 承载力计算	(60)
4.5 室内装修	(22)	8 连接设计	(63)
4.6 室内环境	(23)	8.1 一般规定	(63)
4.7 建筑设备	(26)	8.2 梁梁连接	(64)
5 结构设计基本要求	(29)	8.3 柱柱连接	(68)
5.1 一般规定	(29)	9 预制叠合剪力墙设计	(80)
		9.1 一般规定	(80)
		9.2 构造要求	(83)
		9.3 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计	(89)

10 预制保温外墙设计	(95)
10.1 一般规定	(95)
10.2 墙体连接件设计	(95)
10.3 墙体设计	(96)
10.4 构造要求	(98)
附录 A 预制多螺箍框架柱设计	(100)
A.1 一般规定	(100)
A.2 设计补充规定	(101)
A.3 构造要求	(102)
本规程用词用语说明	(103)
引用标准名录	(104)
条文说明	(107)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Materials	(6)
3.1	Concrete	(6)
3.2	Steel	(7)
3.3	Insulation materials	(10)
3.4	Waterproofing materials	(13)
3.5	Other materials	(17)
4	Architectural design	(18)
4.1	General requirements	(18)
4.2	Architectural module	(19)
4.3	Layout design	(20)
4.4	Design and application of precast components ...	(21)
4.5	Interior finish	(22)
4.6	Indoor environment	(23)
4.7	Building services	(26)
5	Basic rules of structural design	(29)
5.1	General requirements	(29)
5.2	Rules of calculation for ultimate limit state	(30)
5.3	Rules of verification for serviceability limit state ...	(31)

5.4	Analysis of assembled monolithic concrete frame structures	(33)
6	Design of superposed reinforced concrete flexural members	(35)
6.1	General requirements	(35)
6.2	Design of flexural capacity for normal section ...	(36)
6.3	Design of shear capacity for oblique section	(37)
6.4	Design of horizontal shear capacity for composite section	(38)
6.5	Verification of crack width	(39)
6.6	Verification of deflection for serviceability limit state	(39)
6.7	Detailing requirements	(41)
7	Design of assembled monolithic concrete frame joints ...	(42)
7.1	General requirements	(42)
7.2	Detailing requirements	(42)
7.3	Capacity calculation	(60)
8	Connection design	(63)
8.1	General requirements	(63)
8.2	Beam-to-beam connections	(64)
8.3	Column-to-column connections	(68)
9	Design of precast composite shear walls	(80)
9.1	General requirements	(80)
9.2	Detailing requirements	(83)
9.3	Design of demoulding, placement and construction	(89)

10	Design of precast insulation composite walls	(95)
10.1	General requirements	(95)
10.2	Design of wall connectors	(95)
10.3	Wall design	(96)
10.4	Detailing requirements	(98)
Appendix A	Design of precast frame columns with multi- spiral hoops	(100)
A.1	General requirements	(100)
A.2	Additional requirements for design	(101)
A.3	Detailing requirements	(102)
	Explanation of Wording in this code	(103)
	Normative standards	(104)
	Clause explanations	(107)

1 总 则

1.0.1 为了在装配整体式混凝土住宅体系的设计中做到安全适用、经济美观、功能合理、技术先进、充分发挥装配整体式住宅的优越性,促进住宅工业化的发展,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于上海地区的装配整体式混凝土住宅体系,其中包括装配整体式混凝土框架结构住宅体系和预制叠合混凝土剪力墙住宅体系。

1.0.3 装配整体式混凝土住宅体系的设计除执行本规程外,尚应符合现行有关标准的规定。

1.0.4 装配整体式混凝土住宅体系中现浇部分按现行上海市标准、行业标准和现行国家标准执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 装配整体式混凝土结构 assembled monolithic concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过钢筋、连接件或施加预应力加以连接并现场浇筑混凝土而形成整体的结构。

2.1.2 叠合式混凝土受弯构件 superposed reinforced concrete flexural member

在预制混凝土构件上浇筑上部混凝土而形成整体的受弯构件。分叠合式混凝土板和叠合式混凝土梁等。

2.1.3 预制叠合剪力墙 precast composite shear wall

一种采用部分预制、部分现浇工艺生产的钢筋混凝土剪力墙。其预制部分称为预制剪力墙板,在工厂制作、养护成型,运至施工现场后和现浇部分整浇。预制剪力墙板参与结构受力,其外侧的外墙饰面可根据需要在工厂一并生产制作,预制剪力墙板在施工现场安装就位后可作为剪力墙外侧模板使用。预制叠合剪力墙简称叠合剪力墙。

2.1.4 叠合筋 composite reinforced bar skeleton

由钢筋焊接而成、用以连接预制剪力墙板和现浇部分、增强其整体性的“K”形三角桁架钢筋笼。叠合筋由上弦钢筋、下弦钢筋和斜筋三部分组成。叠合筋主要作用在于保证预制剪力墙板在制作、吊装、运输、及现场施工时有足够的强度和刚度,避免开裂、损坏。叠合筋又称桁架筋。

2.1.5 预制叠合剪力墙有效厚度 efficient depth of precast composite shear wall

预制叠合剪力墙总厚度扣除预制剪力墙板饰面及接缝切口深度后的厚度。预制叠合剪力墙有效厚度为配筋率及承载力计算的基准厚度。

2.1.6 预制保温墙体 precast insulation composite wall

由保温层、内外层混凝土墙板以及 FRP 连接件组成的一种夹芯式墙体。该墙体在预制构件厂制作生产,然后运输至施工现场进行安装使用。

2.1.7 纤维增强塑料 (FRP) 连接件 fiber-reinforced plastic connector

用于连接预制保温墙体内、外层混凝土墙板,传递墙板剪力以使内、外层墙板形成整体的连接器。连接件材料为纤维增强复合塑料。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量;

E_s ——钢材、钢筋弹性模量;

C20 ——表示立方体强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土强度等级;

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值;

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值;

f_{yk} ——普通钢筋强度标准值;

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值;

f_v ——钢材的抗剪强度设计值;

f_{ce} ——钢材的端面承压强度设计值。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

N ——轴向力设计值;

M ——弯矩设计值;

M_k 、 M_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的弯矩值;

M_{cr} ——受弯构件的正截面开裂弯矩值;

V ——剪力设计值;

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

2.2.3 几何参数

a ——梁端反力作用点至构件边缘的水平距离;

b ——矩形截面宽度,T形、I形截面的腹板宽度;

b_{bl} ——预制梁截面宽度;

b_c ——柱截面宽度;

d ——钢筋直径,间距;

e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距;

h ——截面高度;

h_0 ——截面有效高度;

h_{bl} ——预制梁截面高度;

h_c ——柱截面高度;

l_0 ——梁板的计算跨度或柱的计算长度;

s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距,螺旋筋的间距或箍筋的间距;

A ——构件截面面积;

A_{cor} ——混凝土核芯面积;
 A_n ——构件净截面面积;
 A_l ——局部受压面积;
 B ——受弯构件的截面刚度;
 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;
 I ——截面惯性矩;
 I_0 ——换算截面惯性矩。
2.2.4 计算系数及其他
 α ——齿槽受剪强度折减系数,支座弯矩调幅系数;
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;
 β_l ——局部受压时的混凝土强度提高系数;
 ρ ——纵向受力钢筋的配筋率;
 ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率;
 θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数;
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数;
 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数。

3 材 料

3.1 混凝土

3.1.1 混凝土强度等级应按边长为 150mm 立方体试件的抗压强度标准值确定。抗压强度标准值系指试件用标准方法制作、养护至 28 天龄期,以标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度(以 N/mm^2 计)。

注:混凝土强度等级用 150mm×150mm×150mm 立方体抗压强度标准值并冠以 C 表示,如 C30 表示立方体强度标准值为 30 N/mm^2 的混凝土强度等级。

3.1.2 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20;当采用 HRB335 级钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C25;当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C25。

当采用山砂混凝土及高炉矿渣混凝土时,尚应符合专门标准的规定。

3.1.3 混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck} 和轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 应按表 3.1.3-1 采用。

表 3.1.3-1 混凝土强度标准值(N/mm^2)

强度等级 强度种类	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
f_{tk}	1.54	1.78	2.01	2.20	2.40	2.51	2.65	2.74	2.85	2.93	3.00	3.05	3.11

混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 和轴心抗拉强度设计值 f_t 应按表 3.1.3-2 采用。

表 3.1.3—2 混凝土强度设计值(N/mm²)

强度等级 强度种类	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
f_t	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.03	2.09	2.14	2.18	2.22

注：计算现浇钢筋混凝土轴心受压和偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于300mm，表中数值应乘以系数0.8；当构件质量（混凝土成型、截面和轴线尺寸等）确有保证时，可不受此限。

3.1.4 混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 应按表 3.1.4 采用。

表 3.1.4 混凝土弹性模量($\times 10^4$ N/mm²)

混凝土 强度等级	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80

注：当采用引气剂及较高砂率的泵送混凝土且无实测数据时，表中 C50~C80 的 E_c 值应乘以折减系数 0.95。

3.1.5 混凝土的剪变模量 G_c 可按本规范表 3.1.4 数值的 0.4 倍采用，混凝土的泊松比 ν_c 可采用 0.2。

3.2 钢材与钢筋

3.2.1 钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢。其质量应分别符合《碳素结构钢》(GB/T 700)和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)的规定。当有可靠根据时，可采用其他牌号的钢材。

3.2.2 承重结构的钢材应根据结构的重要性、荷载特征、连接方法、环境温度以及构件所处部位等不同情况，选择其牌号和材质，并应保证抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯试验、冲击韧性合格和硫、磷含量符合限值。对焊接结构尚应保证碳含量符合限值。

结构采用的钢材强度设计值，不得小于表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 设计用钢材强度值(N/mm²)

钢材牌号	钢材厚度 (mm)	屈服强度 f_y	强度设计值		
			抗拉、抗压、 抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}
Q235	16	235	215	125	320
	16~40	225	205	120	320
	40~60	215	200	115	320
	60~100	205	190	110	320
Q345	16	345	315	185	410
	16~35	325	300	175	410
	35~50	295	270	155	410
	50~100	275	250	145	410

3.2.3 抗震结构钢材的强屈比不应小于 1.2；应有明显的屈服台阶；伸长率应大于 20%；应有良好的可焊性。

3.2.4 承重结构处于外露情况和低温环境时，其钢材性能尚应符合耐大气腐蚀和避免低温冷脆的要求。

3.2.5 钢结构的焊接材料应符合下列要求：

1 手工焊接用焊条的质量，应符合《碳钢焊条》(GB/T 5117)或《低合金钢焊条》(GB/T 5118)的规定。选用的焊条型号应与主体金属相匹配；

2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和焊剂，应与主体金属强度相适应，焊丝应符合《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957)或《气体保护焊用钢丝》(GB/T 14958)的规定。

3.2.6 钢结构螺栓连接的材料应符合下列要求：

1 普通螺栓应符合《六角头螺栓——A 和 B 级》(GB 5782)和《六角头螺栓——C 级》(GB 5780)的规定；

2 锚栓可采用《碳素结构钢》(GB 700)规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)规定的 Q345 钢；

3 高强度螺栓应符合《钢结构高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》(GB/T 1228~1231)或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB 3632~3633)的规定；

4 螺栓连接的强度设计值，应按《钢结构设计规范》(GB 50017)的规定采用。高强度螺栓的设计预拉力值，应按《钢结构设计规范》(GB 50017)的规定采用。高强度螺栓连接的钢材摩擦面抗滑移系数值，应按《钢结构设计规范》(GB 50017)的规定采用。

3.2.7 普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋，也可采用 HPB235 级和 RRB400 级钢筋。

3.2.8 普通钢筋的抗拉强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。普通钢筋的抗拉强度标准值 f_{yk} 应按表 3.2.8 采用。

表 3.2.8 普通钢筋抗拉强度标准值(N/mm²)

钢筋种类	符号	f_{yk}	钢筋种类	符号	f_{yk}
HPB235 d=8~20	Φ	235	HRB400 d=6~50	Φ	400
HRB335 d=6~50	Φ	335	RRB400 d=8~40	Φ ^R	400

3.2.9 普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 和抗压强度设计值 f'_y 应按表 3.2.9 采用。

表 3.2.9 普通钢筋抗拉、抗压强度设计值(N/mm²)

钢筋种类	f_y	f'_y	钢筋种类	f_y	f'_y
HPB235 d=8~20	210	210	HRB400 d=6~50	360	360
HRB335 d=6~50	300	300	RRB400 d=8~40	360	360

注：1 钢筋混凝土轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm² 时，仍应按 300N/mm² 取用；
2 构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值。

3.2.10 普通钢筋的弹性模量 E_s 应按表 3.2.10 采用。

表 3.2.10 普通钢筋的弹性模量(N/mm²)

钢 筋 种 类	E_s
HPB235 级钢筋	2.1×10^5
HRB335、HRB400、RRB400 级钢筋	2.0×10^5

3.3 保温材料

3.3.1 装配整体式外墙保温系统可采用的聚苯板(EPS、XPS)的性能应符合表 3.3.1—1 的要求，聚氨酯板材的性能应符合表 3.3.1—2 的要求，酚醛泡沫板的性能应符合表 3.3.1—3 的要求，也可采用经主管部门认定的材料。

表 3.3.1—1 聚苯板(EPS、XPS)的性能指标

试 验 项 目	性 能 指 标		试 验 方 法
	膨胀聚苯板 (EPS)	挤塑聚苯板 (XPS)	
表观密度,kg/m ³	≥18.0	25~32	GB 6343
导热系数(25℃),W/(m·K)	≤0.039	≤0.030	GB 10294、GB 10295
压缩强度,N/mm ²	≥0.10	≥0.20	GB 8813
垂直板面方向的抗拉强度,N/mm ²	≥0.10	≥0.20	JG 149
吸水率(VOL),%	≤4.0	≤1.5	GB 8810
尺寸稳定性,%	≤0.5	≤1.2	GB 8811
水蒸气渗透系数,ng/(Pa·m·s)	≤4.5	≤3.5	GB/T 17146 水法
弯曲变形,mm	≥20	—	GB 8812
燃烧性能级别 不低于	E级	E级	GB 8624

注:板的导热系数指标不适用于采用CO₂发泡的制品。

表 3.3.1—2 硬泡聚氨酯板材的性能指标

试 验 项 目	性能指标	试 验 方 法
	板 材	
密度,kg/m ³	≥35	GB/T 6343
导热系数,W/(m·K)	≤0.024	GB 3399
压缩性能,N/mm ²	≥0.15	GB 8813
垂直于板面方向抗拉强度,N/mm ²	≥0.10	GB 50404
吸水率(VOL),%	≤3	GB 8810
氧指数,%	≥26	GB/T 2406

表 3.3.1—3 酚醛泡沫板性能指标

试 验 项 目	性能指标	试 验 方 法
表观密度(去表皮),kg/m ³	≥45	GB 6343
导热系数,W/(m·K)	≤0.023	GB 10294、GB 10295
压缩强度,N/mm ²	≥0.2	GB 8813
垂直于板面方向抗拉强度,N/mm ²	≥0.1	JG 149
吸水率(VOL),%	≤4.0	GB 8810
尺寸稳定性,%	≤1.5	GB 8811
甲醛释放量,mg/L	≤1.5	GB/T 17657
燃烧性能级别,不低于	B级	GB 8624

3.3.2 装配整体式屋面保温系统采用的挤塑聚苯板(XPS)的性能应符合表 3.3.2—1 的要求,聚氨酯板材的性能应符合表 3.3.2—2 的要求,也可采用经主管部门认定的其他材料。

表 3.3.2—1 屋面用挤塑聚苯板性能指标

试 验 项 目	性能指标	试 验 方 法
表观密度,kg/m ³	—	GB 6343
导热系数(25℃),W/(m·K)	≤0.030	GB 10294、GB 10295
压缩强度,kPa	≥250	GB 8813
吸水率(VOL),%	≤1.5	GB 8810
尺寸稳定性,%	≤2.0	GB 8811

表 3.3.2—2 硬泡聚氨酯板材的性能指标

试 验 项 目	性能指标	试 验 方 法
	板 材	
密度,kg/m ³	≥35	GB/T 6343
导热系数,W/(m·K)	≤0.024	GB 3399
压缩性能,N/mm ²	≥0.15	GB 8813
垂直于板面方向抗拉强度,N/mm ²	≥0.10	GB 50404
吸水率(VOL),%	≤3	GB 8810
氧指数,%	≥26	GB/T 2406

3.4 防水材料

3.4.1 防水混凝土应符合下列规定：

- 1 用于防水混凝土的水泥应符合下列规定：
 - 1)水泥品种宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，采用其他品种水泥时应经试验确定；
 - 2)在受侵蚀性介质作用时，应按介质的性质选用相应的水泥品种；
 - 3)不得使用过期或受潮结块的水泥，并不得将不同品种或强度等级的水泥混合使用。
- 2 防水混凝土选用的矿物掺合料，应符合下列规定：
 - 1)粉煤灰的品质应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596)的有关规定，粉煤灰的级别不应低于Ⅱ级，烧失量不应大于 5%，用量宜为胶凝材料总量的 20%～30%，当水胶比小于 0.45 时，粉煤灰用量可适当提高；
 - 2)硅粉的品质应符合表 3.4.1 的要求，用量宜为胶凝材料

总量的 2%～5%；

表 3.4.1 硅粉品质要求

项 目	指 标
比表面积(m ² /kg)	≥1500
二氧化硅含量(%)	≥85

- 3)粒化高炉矿渣粉的品质要求应符合《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)的有关规定；
- 4)使用复合掺合料时，其品种和用量应通过试验确定。
- 3 用于防水混凝土的砂、石应符合下列规定：
 - 1)宜选用坚固耐久、粒形良好的洁净石子；最大粒径不宜大于 40mm，泵送时其最大粒径不应大于输送管径的 1/4；吸水率不应大于 1.5%；不得使用碱活性骨料；石子的质量要求应符合《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》(JGJ 52)的有关规定；
 - 2)砂宜选用坚硬、抗风化性强、洁净的中粗砂，不宜使用海砂；砂的质量要求应符合《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》(JGJ 52)的有关规定。
- 4 用于拌制混凝土的水，应符合《混凝土用水标准》(JGJ 63)的有关规定。
- 5 防水混凝土可根据工程需要掺入减水剂、膨胀剂、防水剂、密实剂、引气剂、复合型外加剂及水泥基渗透结晶型材料，其品种和用量应经试验确定，所用外加剂的技术性能应符合国家现行有关标准的质量要求。
- 6 防水混凝土可根据工程抗裂需要掺入合成纤维或钢纤维，纤维的品种及掺量应通过试验确定。

7 防水混凝土中各类材料的总碱量(Na₂O 当量)不得大于 3kg/m³;氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.1%。

3.4.2 防水砂浆应符合下列规定:

- 1 用于水泥砂浆防水层的材料,应符合下列规定:
- 1)应使用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或特种水泥,不得使用过期或受潮结块的水泥;
- 2)砂宜采用中砂,含泥量不应大于 1%,硫化物和硫酸盐含量不应大于 1%;
- 3)拌制水泥砂浆用水,应符合《混凝土用水标准》(JGJ 63)的有关规定;
- 4)聚合物乳液的外观:应为均匀液体,无杂质、无沉淀、不分层。聚合物乳液的质量要求应符合《建筑防水涂料用聚合物乳液》(JC/T 1017)的有关规定;
- 5)外加剂的技术性能应符合现行国家有关标准的质量要求。

2 防水砂浆主要性能应符合表 3.4.2 的要求。

表 3.4.2 防水砂浆的主要性能要求

防水砂浆种类	粘结强度(N/mm ²)	抗渗性(N/mm ²)	抗折强度(N/mm ²)	干缩率(%)	吸水率(%)	冻融循环(次)	耐碱性	耐水性(%)
掺外加剂、掺合料的防水砂浆	>0.6	≥0.8	同普通砂浆	同普通砂浆	≤3	>50	10%NaOH 溶液浸泡 14d 无变化	—
聚合物水泥防水砂浆	>1.2	≥1.5	≥8.0	≤0.15	≤4	>50	—	≥80

3.4.3 防水涂料应符合下列规定:

- 1 涂料防水层所选用的涂料应符合下列规定:

- 1)应具有良好的耐水性、耐久性、耐腐蚀性及耐菌性;
- 2)应无毒、难燃、低污染;
- 3)无机防水涂料应具有良好的湿干粘结性和耐磨性,有机防水涂料应具有较好的延伸性及较大适应基层变形能力。

2 无机防水涂料的性能指标应符合表 3.4.3—1 的规定,有机防水涂料的性能指标应符合表 3.4.3—2 的规定。

表 3.4.3—1 无机防水涂料的性能指标

涂 料 种 类	抗折强度(N/mm ²)	粘结强度(N/mm ²)	一次抗渗性(N/mm ²)	二次抗渗性(N/mm ²)	冻融循环(次)
掺外加剂、掺合料水泥基防水涂料	>4	>1.0	>0.8	—	>50
水泥基渗透结晶型防水涂料	≥4	≥1.0	>1.0	>0.8	>50

表 3.4.3—2 有机防水涂料的性能指标

涂料种类	可操作时间(min)	潮湿基面粘结强度(N/mm ²)	抗渗性(MPa)			浸水 168h 后拉伸强度(N/mm ²)	浸水 168h 后断裂伸长率(%)	耐水性(%)	表干(h)	实干(h)
			涂膜(120min)	砂浆迎水面	砂浆背水面					
反应型	≥20	≥0.5	≥0.3	≥0.8	≥0.6	≥1.7	≥400	≥80	≤12	≤24
水乳型	≥50	≥0.2	≥0.3	≥0.8	≥0.3	≥0.5	≥350	≥80	≤4	≤12
聚合物水泥	≥30	≥1.0	≥0.3	≥0.8	≥0.6	≥1.5	≥80	≥80	≤4	≤12

注:1 浸水 168h 后拉伸强度和断裂伸长率是在浸水取出后只经擦干即进行试验所得的值;

2 耐水性指标是指材料浸水 168h 后取出擦干即进行试验,其粘结强度及抗渗性的保持率。

3.5 其他材料

3.5.1 纤维增强塑料(FRP)连接件宜采用单向粗纱与多向纤维布复合而成,纤维体积率不小于 40%。连接件材料性能指标不宜小于表 3.5.1 值。

表 3.5.1 纤维增强塑料(FRP)连接件材料性能指标

项 目	拉伸强度	拉伸弹模	泊松比	层间剪切强度	剪切模量
测试规范	GB/T 1447	GB/T 1447	GB/T 1447	ASTM D2344	GB/T 3355
设计指标要求	>600N/mm ²	>42GPa	—	>30N/mm ²	>40.6GPa

3.5.2 其他材料的性能尚需满足相关现行国家标准和行业标准的要求。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 装配整体式住宅建筑设计必须执行国家的方针政策和法规,满足住宅使用功能,体现以人为本、可持续发展和节能、节地、节材、节水的指导思想,考虑环境保护要求,并满足老年人、残疾人等居住者的特殊使用要求。

4.1.2 装配整体式住宅设计应符合城市规划的要求,并与周围环境相协调。在标准化、系列化设计的同时,结合总体布局和立面色彩、细部处理等方面丰富建筑造型及空间。同时,在装配整体式住宅设计中应符合国家颁布的有关住宅性能评定技术标准,以改善和提高装配整体式住宅的功能与质量。

4.1.3 装配整体式住宅宜采用大开间形式,平面布置可灵活分隔,能满足多样化使用功能要求;建筑装修、饰面,应采用耐久、不易污染的材料与做法,并体现装配整体式住宅建筑立面造型的特色。

4.1.4 装配整体式住宅设计应采用建筑标准化、系列化设计方法,土建与装修一体化设计,并编制设计、制作和施工安装成套设计文件。

4.1.5 装配整体式住宅设计应选用工厂化生产的预制构配件,因地制宜积极采用新材料、新产品和新技术。

4.1.6 装配整体式住宅设计应全面考虑住宅结构体系特点、设计所选用的各类预制构配件的规格与类型、室内外装修及设备安装系统等内容,应适应居住标准和房型需求的变化及改造的可能

性。装配整体式住宅的层高宜为 2.80m。

4.1.7 装配整体式住宅应严格按照建筑模数制进行设计,为工业化住宅部品构件尺寸协调、互换通用创造条件,便于工厂化统一加工。

4.1.8 装配整体式住宅设计除应执行本规程外,尚应符合《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)、《住宅性能评定技术标准》(GB/T 50362)、《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222)、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325)和《住宅设计标准》(DGJ08-20)、《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08-205)等强制性设计条文的规定。

4.2 建筑模数

4.2.1 装配整体式住宅设计应符合《住宅建筑模数协调标准》(GB/T 50100)的规定;设计应严格按照建筑模数制要求,采用基本模数或扩大模数的设计方法实现尺寸协调。

4.2.2 模数协调应符合下列要求:

1 应用模数数列调整装配整体式住宅建筑与部件的尺寸关系,优化部件的尺寸与种类。

2 部件组合时,能明确各部件的尺寸与位置,使设计、制造与安装等各个部门配合简单,达到装配整体式住宅设计精细化、高效率和经济性。

4.2.3 装配整体式住宅宜采用 2M+3M(或 1M、2M、3M)灵活组合的模数网格进行设计,以适应墙体改革,满足住宅建筑平面功能布局的灵活性,达到模数网格的协调。

4.2.4 装配整体式住宅采用以基准面定位的主体结构,其平面布局中所涉及的卧室、起居室、厨房、卫生间及公共部位的楼梯间

等宜采用模数网格来表示。模数网格与主体结构构件尺寸之间可灵活叠加设置。

4.2.5 框架结构柱子间设置的分户墙和分室隔墙,一般宜采用中心线定位法。当隔墙的一侧或两侧要求模数空间时宜用界面定位法。

4.3 套型设计

4.3.1 装配整体式住宅应按套型设计,并应有卧室、起居室、厨房、卫生间、储藏室或壁橱、阳台或阳光室等基本空间。

4.3.2 装配整体式住宅应以小套、中套为主。小套、中套及大套的居住空间数应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 装配整体式住宅套型分类

住宅套型	可分居住空间数(个)
小 套	2
中 套	3
大 套	4~5

4.3.3 装配整体式住宅套型设计应符合现行国家和上海市有关住宅建筑设计规范的要求,宜做到套型平面内基本间、连接构造、各类预制构件、配件及各类设备管线的标准化和系列化;采用少规格、多组合的原则,组成多样化的住宅建筑系列。

4.3.4 装配整体式住宅厨房与卫生间平面功能分区力求合理,并符合建筑模数制要求。设计应考虑住宅厨房与卫生间设备、橱柜产品及其管线合理布置,优先采用标准化的预制卫生盒子间及标准厨房整体橱柜。

4.3.5 装配整体式住宅公共部位的设计应满足国家和上海市有

关住宅设计强制性条文的规定。

4.4 预制构配件设计与应用

4.4.1 装配整体式住宅的混凝土框架结构和剪力墙结构、围护结构系统、以及公共楼梯、阳台、隔墙、空调板等配套构件宜采用工厂化加工的标准预制构件。根据预制装配住宅生产和施工条件,也可采用部分现浇、部分预制的装配整体式施工方式。

4.4.2 装配整体式住宅的厨房、卫生间宜采用现浇钢筋混凝土楼板;卧室、起居室宜采用装配整体式钢筋混凝土叠合楼板形式。

装配整体式住宅底层卧室、起居室等居住空间地坪应有防潮的构造措施。底层厨房、卫生间和楼梯间必须采用回填土分层夯实后浇筑的混凝土地坪。此外,与燃气引入管贴邻或相邻,以及下部有管道通过的房间,其地面以下空间应采取防止燃气积聚的措施。

4.4.3 预制外墙板构件的设计应符合建筑模数,并结合外墙板外饰面材料及所设置的门窗框的位置,统一由工厂制作完成。为简化预制外墙板构件并节约能源,预制外墙板不宜采用凸窗台的做法。

4.4.4 预制外墙板的热工设计应符合国家和上海市现行住宅建筑节能的标准。设计宜优先采用预制夹芯复合外墙板构造形式;对围护结构中局部设置的现浇剪力墙可采用现场内敷保温板材构造形式,构造设计对围护结构的热(冷)桥部位应有保温措施。

4.4.5 预制外墙板的接缝设计应分别满足结构、热工、防排水、防火及建筑装饰等要求,并结合本地材料、制作及施工条件进行综合考虑。

4.4.6 预制外墙板的接缝(包括女儿墙、阳台、空调外机隔板、勒

脚等处的水平缝、竖缝和十字缝)及门窗洞口处应作防排水处理。并根据预制外墙板不同部位接缝的特点及风雨条件选用构造防排水、材料防排水或构造和材料相结合的防排水系统。

4.4.7 预制外墙板接缝采用构造防水时,水平缝宜采用企口缝或高低缝,竖缝宜采用双直槽缝,并在预制外墙板十字缝部位每隔三层设置排水管引水外流。

4.4.8 预制外墙板接缝采用材料防水时,必须使用防水性能、耐候性能和耐老化性能优良的防水密封胶作嵌缝材料,以保证预制外墙板接缝防排水效果和使用年限。板缝宽度不宜大于 20mm,材料防水的嵌缝深度不得小于 20mm。

注:预制外墙板接缝的嵌缝材料应在弹塑性、耐久性、耐热性、抗冻性、粘结性、抗裂性等方面满足接缝防排水要求。

4.4.9 预制外墙板接缝采用构造和材料相结合的(如弹性物盖缝)防排水系统时,其接缝构造和所用材料应满足接缝防排水要求。

4.4.10 用于装配整体式住宅室内隔墙系统应分别满足隔声、防水和防火安全等技术性能,减轻自重,并有利于建筑工业化的发展。对室内分户墙的设计应分别满足住宅建筑隔声性能和防火要求;室内分室墙宜采用轻质隔墙,构造设计应满足防火和隔声要求;用作厨房及卫生间等潮湿房间的分隔墙应满足防水、防火要求,并加强与主体结构的连接。

4.5 室内装修

4.5.1 装配整体式住宅装修、饰面,应结合本地条件采用耐久、防水、防火及不易污染的材料与做法,体现装配整体式住宅建筑的特色。

4.5.2 装配整体式住宅墙板外饰面及门窗框宜在工厂加工

完成。

4.5.3 装配整体式住宅室内装修设计宜与建筑设计同步完成。

4.5.4 装配整体式住宅室内装修的主要标准构配件宜以工厂化加工为主,部分非标准或特殊的构配件可由现场安装时统一处理。

4.5.5 装配整体式住宅公共部位的门厅、电梯厅及楼梯间的地面、墙面和顶面宜根据住宅的标准进行装修。

4.5.6 装配整体式住宅分户墙上两侧暗装电气设备不应连通设置。住宅分户墙与分室墙板设计应满足结构、隔声及防火要求。

4.5.7 固定各种建筑装修和设备时,宜采用膨胀螺栓固接或钉接、粘接等固定法。

4.6 室内环境

4.6.1 装配整体式住宅室内应有良好的声环境、光环境、热环境及空气质量,为居住者提供安全的、舒适的、健康的、便捷的、和谐的居住环境。

4.6.2 声环境应符合下列要求:

1 装配整体式住宅应有良好的声环境,环境噪声应符合《城市区域环境噪声标准》(GB 3096)的要求。

2 装配整体式住宅平面布置及建筑构造设计应采用防噪声措施。卧室、起居室(厅)在关窗状态下的白天和夜间允许噪声级应符合《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)、《住宅建筑规范》(GB 50368)等相关设计规范要求。

3 装配整体式住宅的外墙、外窗、分户墙及楼板的空气声计权隔声标准应符合《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)、《住宅建筑规范》(GB 50368)等相关设计规范要求。建筑围护结构设计时

应采取相应的构造措施以提高外窗、楼板、分户墙、户门的空气隔声性能。

4 装配整体式住宅内房间楼板撞击声隔声标准应符合《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)等相关设计规范要求。

5 电梯井道不应紧邻卧室和起居室布置。紧邻其他居住空间时,建筑设计应采取相应的隔声措施。

6 水泵房、风机房不宜设置在住宅内,当设置在住宅内时,水泵房、风机房等设备用房应远离卧室、起居室(厅)布置,并在设备用房内采取有效的消声隔振措施。

7 水泵、风机等应选用低噪声设备,并采取有效的消声隔振措施。水、暖、电、气管线穿楼板或墙体时需预留孔洞,孔洞周边应采取密封隔振措施,以减少声音的传播。

4.6.3 光环境应符合下列要求:

1 装配整体式住宅应充分利用室外环境获得良好的日照条件,每套住宅至少应有一个居住空间获得冬季日照。

2 装配整体式住宅套内卧室、起居室(厅)、厨房应设置外窗,窗地面积比及住宅采光标准应符合《住宅设计规范》(GB 50096)、《民用建筑设计通则》(GB 50352)等有关要求。

3 装配整体式住宅套内空间应提供满足其使用功能的照度水平,各房间的照度标准应符合现行国家标准,套内的公共空间如电梯厅、门厅、走廊、楼梯的地面照度应能满足使用要求。

4.6.4 热环境应符合下列要求:

1 装配整体式住宅建筑设计应采用适宜节能技术,使室内既能维持良好的热舒适性又能降低建筑能耗和减少环境污染。

2 装配整体式住宅建筑的规划布局、建筑平面布置、朝向、建筑体形系数以及室内热环境设计指标等均应符合《居住建筑节能

能设计标准》(DG/TJ08—205)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)的有关规定,并且应充分考虑日照的有效利用与自然通风效果。

3 根据上海地区气候特点,为改善室内热环境以维持热舒适性,装配整体式住宅室内夏季宜采用空气调节装置,冬季宜采用采暖装置以满足室内热舒适性。

为节约空调和采暖能耗、降低温室气体排放、减少城市热岛效应,装配整体式住宅的围护结构热工设计应采取保温隔热措施,建筑外墙、屋顶、门窗、楼板、分户墙等围护结构传热系数、窗墙面积比、遮阳系数以及外墙外饰面材料的色彩等技术参数均应符合现行国家住宅设计节能标准规定的要求,各部分围护结构传热系数详见《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08—205)的有关规定。

4 装配整体式住宅围护结构外墙板优先采用夹芯保温方式,现浇剪力墙部位采用内保温时,对围护结构特殊部位如热(冷)桥处应考虑保温措施以防围护结构内表面结露,影响热舒适性和降低构件使用寿命。

4.6.5 空气质量应符合下列要求:

装配整体式住宅设计应合理地组织自然通风,便于室内空气流通,维持良好的空气环境。单朝向型住宅设计应采取有效通风措施,通风换气次数、室内空气污染物的活度和浓度应符合《住宅建筑规范》(GB 50368)标准要求。

4.7 建筑设备

4.7.1 装配整体式住宅套内应设置给水排水系统、燃气供应系统、采暖、通风与空气调节设施以及照明供电系统。

4.7.2 给水排水应符合下列要求:

1 装配整体式住宅套内给水系统的水质、用水定额、水压、给水方式等设计参数及技术要求应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50015)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)和《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—给水排水》(2007)设计规范或技术措施等要求。

2 装配整体式住宅给水系统设计应采用合理的供水系统,给水方式选择时应充分利用市政供水压力,并应选用节能型水泵及采取分户计量装置以降低设备和运行能耗。

3 装配整体式住宅设置集中热水供应系统,其热源的选择应根据本地能源结构和能源政策,在条件许可的前提下,应充分利用太阳能等绿色能源,建议六层及以下的住宅宜采用太阳能热水供应系统并考虑和建筑一体化设计。

4 装配整体式住宅给水排水管道材料(含配件)、控制附件、计量附件等及增压设备的选用应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50015)设计规范和国家行业标准等要求。

5 装配整体式住宅卫生间排水系统的设计应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50015)要求。卫生间宜采用同层排水方式,并预留管道竖井和检修口位置。

6 装配整体式住宅套内给水、排水及热水管道的布置与敷设除了应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50015)要求外,其中与土建结合部分的管道布置宜采用管道竖井或其它形式。

4.7.3 采暖、通风和空气调节应符合下列要求:

1 装配整体式住宅各房间室内温度、采暖、空调方式的选择,应根据上海地区气象条件、能源状况、能源政策、环保及使用特点和经济状况等作技术经济分析后确定。

2 装配整体式住宅的通风、采暖和空调等设备均应选用能效比高的节能型产品,以降低能耗。

3 装配整体式住宅采暖、通风和空气调节系统设备及管道布置与敷设应满足《建筑采暖、通风和空气调节设计规范》(GB 50019)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)等的有关规定,与土建结合部分的预埋构件等宜与建筑设计同步进行。

4 住宅厨房、卫生间应保持良好的通风效果,如需要设置机械通风设施,则应预留安装机械排风机和排风管(或竖井)的位置、预留孔洞尺寸等条件。

5 住宅厨房内应设置脱排油烟竖井,高层住宅应设置集中接力风机,接入竖井的接口应采用防倒灌的措施。

4.7.4 燃气应符合下列要求:

1 装配整体式住宅燃气气源、燃气质量、供气压力及用气量标准等技术参数应符合《城镇燃气设计规范》(GB 50028)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)等的有关规定。

2 装配整体式住宅室内燃气表、燃气灶具、燃气热水器安装和燃气管道布置应符合《城镇燃气设计规范》(GB 50028)等要求。

3 在住宅厨房或服务阳台设置燃气热水器时,应设在有通风条件的部位,并预留排至室外的专用废气排放管位置,严禁与排油烟道合用。

4.7.5 电气应符合下列要求:

1 装配整体式住宅电气负荷标准、电话终端出口数量、网络、安全监控设施等应符合《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16)、《建筑照明设计标准》(GB 50034)、《建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范》(GB 50311)、《城市住宅建筑综合布线系统工程设计规范》(CECS119)和《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)等的有关规定。

2 装配整体式住宅供电系统、有线、电话通讯系统的设计均应满足规范要求,住宅的电表、住户配电箱(箱内的电源总断路器应具有漏电保护装置)、电源插座等设备各类电线管线布置宜在设计阶段结合室内装修统一考虑。

3 装配整体式住宅电气系统节能设计应根据《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇一电气》(2007)有关规定,建筑电气系统设计应选用节能型照明灯具和电气设备、电气控制系统、计量仪表及其控制管理等方面都应符合相关的设计标准。为了充分利用太阳辐射能,有条件时建议设计采用太阳能光电系统并与建筑一体化设计。

4.7.6 综合设计应符合下列要求:

1 装配整体式住宅的建筑设计,应满足建筑给水、排水、燃气供应、采暖、通风和空气调节设施、照明供电等建筑设备各系统功能使用、运行安全、维修管理方便等要求。

2 装配整体式住宅内的公共功能管道:给水立管、雨水立管、消防立管和电气、电信干线(管)及公共功能的阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件,应统一集中设置在住宅公共部位。

3 装配整体式住宅的水表(或含热水表)、电表、燃气表及其他计量仪表装置的设置应方便检修管理。

5 结构设计基本要求

5.1 一般规定

5.1.1 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行设计。

5.1.2 本规程中装配整体式混凝土框架结构总高度不应大于50m;预制叠合剪力墙适用于结构总高度不大于60m、层高不大于5.5m、抗震等级为三级及以下的小高层、高层剪力墙结构住宅外墙。

5.1.3 装配整体式住宅结构的平面布置宜规则、对称,并应具有良好的整体性,结构的侧向刚度宜均匀变化,竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料宜自下而上逐渐减小,避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。厨房、卫生间宜采用现浇楼板。

5.1.4 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:

- 1 结构、构件以及节点拼缝均应进行承载力(包括压屈失稳)计算,在必要时尚应进行结构的倾覆验算;
- 2 根据使用条件需控制变形值的结构及构件,应验算变形;
- 3 根据使用条件不允许混凝土出现裂缝的构件,应进行混凝土拉应力验算;对使用上需限制裂缝宽度的构件,应进行裂缝宽度验算;对叠合式受弯构件,尚应进行钢筋拉应力验算;

4 预制构件尚应对其脱模、起吊和运输安装等施工阶段进行承载力、变形及裂缝控制验算,并应对安装运输过程中可能出

现的受力工况进行验算。

5.1.5 荷载(包括地震作用)应按下列规定取值:

- 1 承载力(包括失稳)计算及倾覆验算,应采用荷载设计值;
- 2 变形、混凝土的抗裂及裂缝宽度验算,均采用荷载标准组合、准永久组合或标准组合并考虑长期作用影响;
- 3 地震作用,应按《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)的规定取值;
- 4 预制构件施工阶段验算,应采用脱模、起吊和运输安装时的荷载设计值。

5.1.6 装配式楼盖应符合下列要求:

- 1 楼盖的预制板板缝宽度不宜小于40mm,板缝大于40mm时应在板缝内配置钢筋,并宜贯通整个结构单元。预制板板缝、板缝梁的混凝土强度等级应高于预制板的混凝土强度等级,且不应低于C30;
- 2 预制板搁置在梁上或剪力墙上的长度分别不宜小于35mm和25mm;
- 3 预制板板端宜预留胡子筋,其长度不宜小于100mm;
- 4 预制板板孔堵头宜留出不小于50mm的空腔,并采用强度等级不低于C30的混凝土浇灌密实。
- 5 房屋的顶层、结构转换层、平面复杂或开洞过大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层应采用现浇楼盖结构。

5.2 承载能力极限状态计算规定

5.2.1 结构构件及节点接缝的承载力应按下列公式计算:

$$\text{非抗震设计} \quad \gamma_0 S \leq R \quad (5.2.1-1)$$

$$\text{抗震设计} \quad S \leq R/\gamma_{RE} \quad (5.2.1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)的规定采用;

S ——作用效应组合设计值,按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)和《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)的规定进行计算;

R ——结构构件的承载力设计值;在抗震设计时,应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,按《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)的规定进行计算。

5.3 正常使用极限状态验算规定

5.3.1 对于正常使用极限状态,结构构件应分别按荷载效应的标准组合、准永久组合或标准组合并考虑长期作用影响,采用下列极限状态设计表达式:

$$S \leq C \quad (5.3.1-1)$$

式中 S ——正常使用极限状态的荷载效应组合值;

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度和应力等的限值。

5.3.2 受弯构件的最大挠度应按荷载效应的标准组合并考虑荷载长期作用影响进行计算,其计算值不应超过表 5.3.2 规定的挠度限值。

表 5.3.2 受弯构件的挠度容许值

屋盖、楼盖及楼梯构件	容许挠度值
$l_0 < 7\text{m}$	$l_0/200(l_0/250)$
$7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$	$l_0/250(l_0/300)$
$l_0 > 9\text{m}$	$l_0/300(l_0/400)$

- 注:1 表中 l_0 为构件的计算跨度;
- 2 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件;
- 3 如果构件制作时预先起拱,且使用上也允许,则在验算挠度时,可将计算所得的挠度值减去起拱值;对预应力混凝土构件,尚可减去预加力所产生的反拱值;
- 4 计算悬臂构件的挠度限值时,其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

5.3.3 结构构件正截面的裂缝控制等级分为三级。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,按荷载效应标准组合计算时,构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力;

二级——一般要求不出现裂缝的构件,按荷载效应标准组合计算时,构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值;按荷载效应准永久组合计算时,构件受拉边缘混凝土不宜产生拉应力,当有可靠经验时可适当放松;

三级——允许出现裂缝的构件,按荷载效应标准组合并考虑长期作用影响计算时,构件的最大裂缝宽度不应超过表 5.3.4 规定的最大裂缝宽度限值。

5.3.4 结构构件应根据结构类别和《混凝土结构设计规范》(GB 50010)规定的环境类别,按表 5.3.4 的规定选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值 w_{lm} 。

表 5.3.4 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

环境类别	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)
一	三	0.3
二	三	0.2
三	三	0.2

注:1 表中的规定适用于采用热轧钢筋的钢筋混凝土构件;当采用其他类别的钢丝或钢筋时,其裂缝控制要求可按专门标准确定;

2 在一类环境下,对钢筋混凝土屋架、托架,其最大裂缝宽度限值应取为 0.2mm;对钢筋混凝土屋面梁和托梁,其最大裂缝宽度限值应取为 0.3mm;

3 对于处于四、五类环境下的结构构件,其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定;

4 表中的最大裂缝宽度限值用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

5.4 装配整体式混凝土框架结构分析

5.4.1 结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时,应按国家现行有关标准规定的作用(荷载)对结构的整体进行作用(荷载)效应分析;必要时,尚应对结构中受力状况特殊的部分进行更详细的结构分析。

5.4.2 结构分析所需的各种几何尺寸,以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等,应符合结构的实际工作状况,并应具有相应的构造保证措施。

结构分析中所采用的各种简化和近似假定,应有理论或试验的依据,或经工程实践验证。计算结果的准确程度应符合工程设计的要求。

5.4.3 结构分析应符合下列要求:

1 应满足力学平衡条件;

2 应在不同程度上符合变形协调条件,包括节点和边界的约束条件;

3 应采用合理的材料或构件单元的本构关系。

5.4.4 结构分析时,宜根据结构类型、构件布置、材料性能和受力特点等选择下列方法:

——线弹性分析方法;

——考虑塑性内力重分布的分析方法;

——塑性极限分析方法;

——非线性分析方法;

——试验分析方法。

5.4.5 结构分析所采用的电算程序应经考核和验证,其技术条件应符合本规范和有关标准的要求。

对电算结果,应经判断和校核,在确认其合理有效后,方可用于工程设计。

6 叠合式受弯构件设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章的规定适用于混凝土叠合式受弯构件的设计。这类构件的定义是由预制混凝土和现浇混凝土两部分组成但彼此联结形成一个整体以抵抗外荷载的构件。对于所有起控制作用的受荷阶段,每个构件均应进行验算。

叠合式受弯构件除了满足本章的要求外,尚应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中不与本章规定有冲突的其他所有条款。

6.1.2 U型叠合梁可参照本章要求进行设计,应通过计算和构造确保U型梁和现浇混凝土部分能协同工作,见图6.1.2。

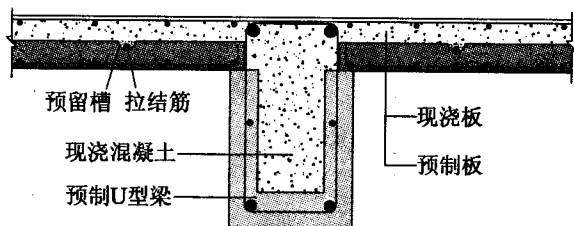


图 6.1.2 钢筋混凝土 U 型叠合梁截面

6.1.3 配筋应能将裂缝控制在允许范围以内并防止叠合构件各组成单元相互分离。

6.1.4 施工阶段不加支撑的叠合式受弯构件,应对叠合构件及其预制构件部分分别进行计算;预制构件部分应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中对受弯构件的规定计算;叠合构件应按

本章要求进行计算。

施工阶段设有可靠支撑的叠合式受弯构件,可按普通受弯构件计算,但叠合构件斜截面受剪承载力和叠合面受剪承载力应按本规范第6.2节和第6.3节计算。当 $h_1/h < 0.4$ 时应在施工阶段设置可靠支撑,此处 h_1 为预制构件的截面高度, h 为叠合构件的截面高度。在叠合式受弯构件足以支承全部荷载、限制挠度及开裂在允许范围以内之前不应拆除支撑。

施工阶段不加支撑的叠合式受弯构件,其内力应分别按下列两个阶段计算:

1 第一阶段 叠合层混凝土未达到强度设计值之前的阶段。荷载由预制构件承担,预制构件按简支构件计算;荷载包括预制构件自重、预制楼板自重、叠合层自重以及本阶段的施工活荷载。

2 第二阶段 叠合层混凝土达到设计规定的强度值之后的阶段。叠合构件按整体结构计算;荷载考虑下列两种情况并取较大值:

- 1) 施工阶段 计入叠合构件自重、预制楼板自重、面层、吊顶等自重以及本阶段的施工活荷载;
- 2) 使用阶段 计入叠合构件自重、预制楼板自重、面层、吊顶等自重以及使用阶段的可变荷载。

6.2 正截面受弯承载力设计

6.2.1 预制构件和叠合构件的正截面受弯承载力应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的有关规定进行计算,其中弯矩设计值应按下列规定取用:

$$\text{预制构件} \quad M_1 = M_{1G} + M_{1Q} \quad (6.2.1-1)$$

叠合构件的正弯矩区段

$$M=M_{1G}+M_{2G}+M_{2Q} \quad (6.2.1-2)$$

叠合构件的负弯矩区段

$$M=M_{2G}+M_{2Q} \quad (6.2.1-3)$$

式中 M_{1G} ——预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在设计截面产生的弯矩设计值;

M_{2G} ——第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的弯矩设计值;

M_{1Q} ——第一阶段施工活荷载在设计截面产生的弯矩设计值;

M_{2Q} ——第二阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值,取本阶段施工活荷载和施工阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值中的较大值。

在计算中,正弯矩区段的混凝土强度等级,按叠合层取用;负弯矩区段的混凝土强度等级,按设计截面受压区的实际情况取用。

6.3 斜截面承载力设计

6.3.1 预制构件和叠合构件的斜截面受剪承载力,应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定进行计算,其中,剪力设计值应按下列规定取用:

$$\text{预制构件} \quad V_1=V_{1G}+V_{1Q} \quad (6.3.1-1)$$

$$\text{叠合构件} \quad V_1=V_{1G}+V_{2G}+V_{2Q} \quad (6.3.1-2)$$

式中 V_{1G} ——预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在设计截面产生的剪力设计值;

V_{2G} ——第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的弯

矩设计值;

V_{1Q} ——第一阶段施工活荷载在设计截面产生的剪力设计值;

V_{2Q} ——第二阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值,取本阶段施工活荷载和施工阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值中的较大值。

在计算中,叠合构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_s 应取叠合层和预制构件中较低的混凝土强度等级进行计算,且不低于预制构件的受剪承载力设计值;对预应力混凝土叠合构件不考虑预应力对受剪承载力的有利影响,即由预应力所提高的构件的受剪承载力设计值取为 0。

6.4 叠合面水平受剪承载力设计

6.4.1 当叠合梁符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)和本章第 6.6.1 条的各项构造要求时,其叠合面的受剪承载力应符合下列规定:

$$V \leq 1.2f_t b h_0 + 0.85f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (6.4.1-1)$$

此处混凝土的抗拉强度设计值 f_t 取叠合层和预制构件中的较低值。

对不配箍筋的叠合板,当符合本规范第 6.6.2 条的构造规定时,其叠合面的受剪强度应符合下列公式的要求:

$$\frac{V}{b h_0} \leq 0.4(\text{N/mm}^2) \quad (6.4.1-2)$$

6.5 裂缝宽度验算

6.5.1 钢筋混凝土叠合构件应验算裂缝宽度,按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响所计算的最大裂缝宽度 $w_{\max}$ 不应超过《混凝土结构设计规范》(GB 50010)规定的最大裂缝宽度限值。

按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 $w_{\max}$ 可按下列公式计算:

$$w_{\max} = 2.2 \frac{\psi(\sigma_{s1k} + \sigma_{s2k})}{E_s} (1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{tel}}) \quad (6.5.1-1)$$

$$\psi = 1.1 \frac{0.65 f_{tkl}}{\rho_{tel} \sigma_{s1k} + \rho_{te} \sigma_{s2k}} \quad (6.5.1-2)$$

式中 d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径,按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定计算;

ρ_{tel} 、 ρ_{te} ——按预制构件、叠合构件的有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率,按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的有关规定进行计算;

f_{tkl} ——预制构件的混凝土抗拉强度标准值,按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)采用。

6.6 正常使用极限状态下的挠度验算

6.6.1 叠合构件应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定进行正常使用极限状态下的挠度验算,其中,叠合式受弯构件按荷载效应标准组合并考虑荷载长期作用影响的刚度可按下列公式计算:

$$B = \frac{M_k}{(\frac{B_{s2}}{B_{s1}} - 1) M_{1Gk} + (\theta - 1) M_q + M_k} B_{s2} \quad (6.6.1-1)$$

$$M_k = M_{1Gk} + M_{2k} \quad (6.6.1-2)$$

$$M_q = M_{1Gk} + M_{2Gk} + \psi_q M_{2Qk} \quad (6.6.1-3)$$

式中 θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数,按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)采用;

M_k ——叠合构件按荷载效应的标准组合计算的弯矩值;

M_q ——叠合构件按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值;

B_{s1} ——预制构件的短期刚度,按本章第 6.6.2 条取用;

B_{s2} ——叠合构件第二阶段的短期刚度,按本章第 6.6.2 条取用;

ψ_q ——第二阶段可变荷载的准永久值系数。

6.6.2 荷载效应标准组合下叠合式受弯构件正弯矩区段内的短期刚度,可按下列规定计算:

1 钢筋混凝土叠合构件

1) 预制构件的短期刚度 B_{s1} 可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定进行计算;

2) 叠合构件第二阶段的短期刚度可按下列公式计算:

$$B_{s2} = \frac{E_s A_s h_0^2}{0.7 + 0.6 \frac{h_1}{h} + \frac{4.5 \alpha_E \rho}{1 + 3.5 \gamma_t}} \quad (6.6.2-1)$$

式中 α_E ——钢筋弹性模量与叠合层混凝土弹性模量的比值: $\alpha_E = E_s / E_c$ 。

2 预应力混凝土叠合构件

1) 预制构件的短期刚度 B_{s1} 可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定进行计算;

2) 叠合构件第二阶段的短期刚度可按下列公式计算:

$$B_{s2} = 0.7 E_{c1} I_0 \quad (6.6.2-2)$$

式中 E_{c1} ——预制构件的混凝土弹性模量;

I_0 ——叠合构件换算截面的惯性矩,此时,叠合层的混凝土截面面积应按弹性模量比换算成预制构件混凝土的截面面积。

6.6.3 荷载效应标准组合下叠合式受弯构件负弯矩区段内第二阶段的短期刚度 B_{s2} 可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定进行计算,其中,弹性模量的比值取 $\alpha_E = E_s/E_{c1}$ 。

6.7 构造要求

6.7.1 叠合梁除应符合普通梁的构造要求外,尚应符合下列规定:

1 预制梁的箍筋应全部伸入叠合层,且各肢伸入叠合层的直线段长度不宜小于 $10d$ (d 为箍筋直径);

2 在承受静力荷载为主的叠合梁中,预制构件的叠合面可采用凹凸不小于 6mm 的自然粗糙面;

3 叠合层混凝土强度等级不应低于 C25,叠合层的最小厚度不宜小于 70mm。

6.7.2 承受较大荷载的叠合板,宜在预制板内设置伸入叠合层的构造钢筋。

6.7.3 接触面须干净、无浮浆,宜进行人工粗糙处理。

7 装配整体式混凝土框架节点设计

7.1 一般规定

7.1.1 当设计装配整体式混凝土框架节点时,除满足本规程外尚应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)、《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)及其他相关规范(规程)的有关规定。

7.1.2 装配整体式框架节点的承载力和延性不宜低于现浇节点,且承载力不应低于相邻的梁端和柱端承载力。

7.1.3 对于新型的装配整体式混凝土框架节点,经试验验证其承载能力和延性等指标满足要求后方可使用。

7.1.4 应控制由于温度梯度差引起的开裂。

7.1.5 应通过计算和构造确保节点的破坏模式为延性破坏。

7.2 构造要求

7.2.1 整浇式节点应符合下列规定:

1 整浇式节点分为 A 型构造(图 7.2.1—1)和 B 型构造(图 7.2.1—2)。A 型构造要求梁端下部纵向受力钢筋在节点内焊接连接,适用于抗震等级为二级的多层框架结构;B 型构造为梁端下部纵向受力钢筋在节点内弯折锚固,适用于非抗震及抗震等级为二、三级的多层框架结构。

对抗震等级为三级但伸进节点核芯区的梁端下部纵向受力钢筋直径大于 25mm 或为 3 根时,宜采用 A 型构造。

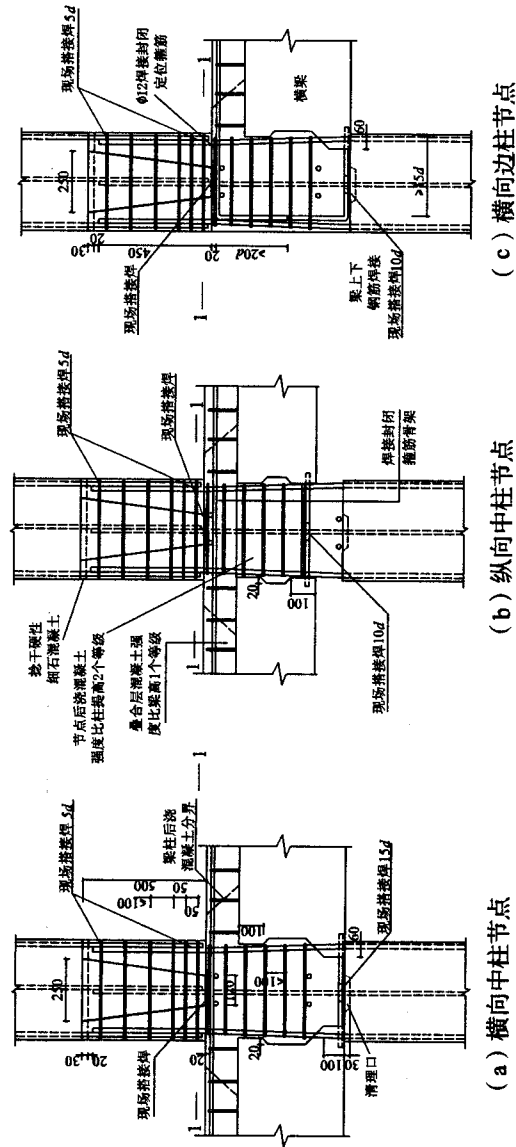


图 7.2.1-1 整浇式节点(A 型构造)

注:1-1 截面是指受压承载力验算截面。

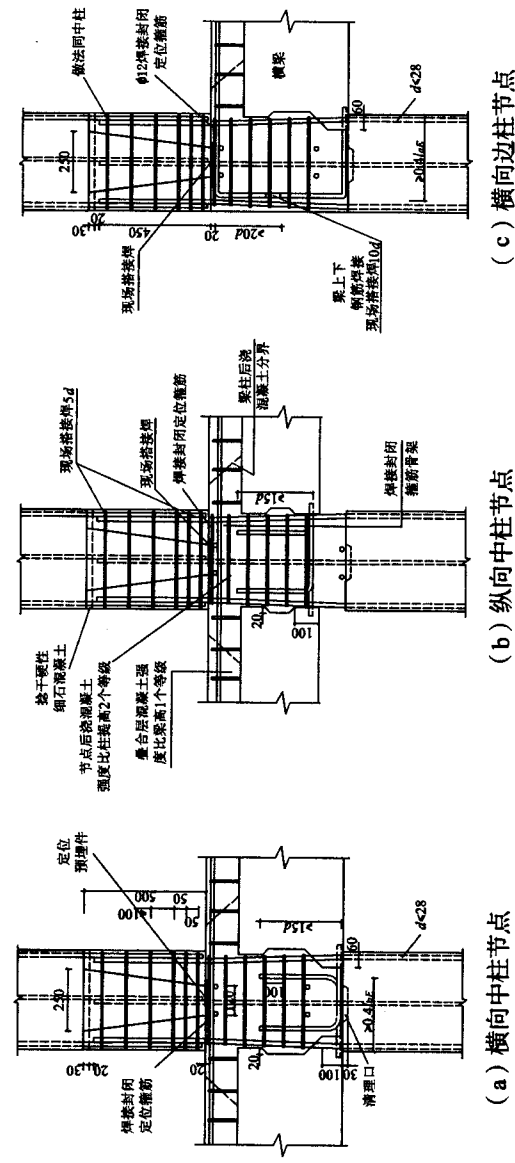


图 7.2.1-2 整浇式节点(B 型构造)

注:梁上部钢筋多于下部钢筋时,上部钢筋弯折后切断。

2 整浇式节点应符合下列构造要求:

- 1) 柱截面尺寸不宜小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$, 也不宜大于 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$; 柱下端樁头截面尺寸不应小于 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$; 节点核芯区混凝土强度等级不宜低于 C30;
- 2) 节点核芯区箍筋宜采用预制焊接封闭骨架;
- 3) 核芯区现浇混凝土顶部, 应设置直径 12mm 的焊接封闭定位箍筋, 并与叠合梁上部钢筋绑牢或焊牢, 用以控制柱顶面伸出钢筋的位置;
- 4) 对于顶层边柱节点, 叠合梁的上部钢筋多于梁下部钢筋时, 边柱柱顶需预埋锚筋伸出, 与叠合梁上部钢筋焊接 (图 7.2.1—3);
- 5) 当节点处柱截面纵向钢筋总根数多于 4 根时, 需根据抗震要求设置复合箍筋;
- 6) 捻缝用的细石混凝土强度等级不应低于柱混凝土的强度等级, 水灰比不宜大于 0.3, 并宜采用无收缩快硬硅酸盐水泥配制。

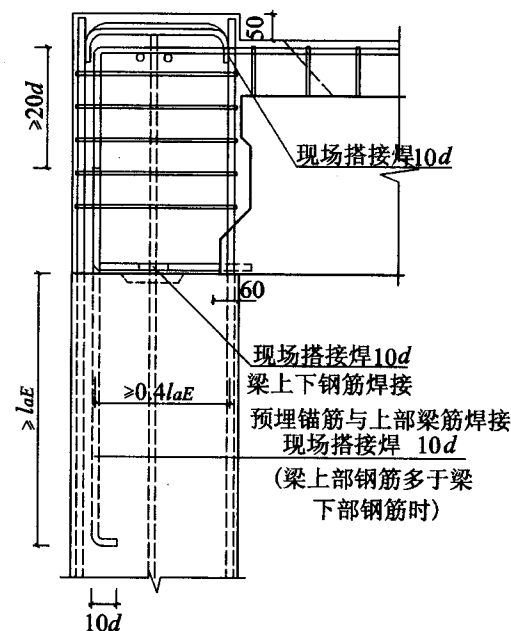


图 7.2.1—3 整浇式顶层边柱节点(A 型构造)

3 施工吊装阶段应验算预制柱下端樁头受压承载力。

4 预制梁的端部构造应满足图 7.2.1—4 要求。施工吊装阶段斜截面抗裂可按式验算:

$$V_1 \leq \frac{0.8f_{tk}bh_0}{0.5 + \frac{a}{h_0}} \quad (7.2.1)$$

式中 V_1 ——施工吊装阶段梁端剪力设计值;
 f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值;
 b ——梁端部宽度;
 a ——施工吊装阶段梁端反力作用点到预制梁边缘的距离。

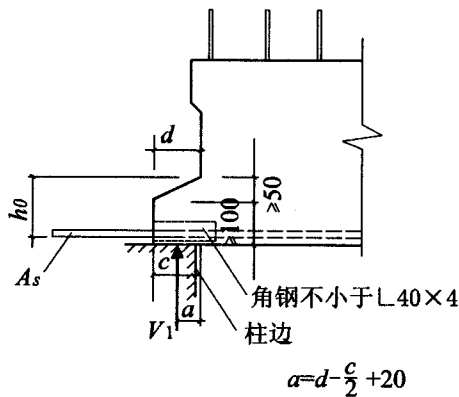


图 7.2.1-4 预制梁端部构造

当不满足式(7.2.1)要求时,应在梁下设施工临时支撑。

5 在使用阶段应对图 7.2.1-1 中的 1-1 截面按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)进行受压承载力验算。此时,应取预制柱的混凝土强度设计值进行计算,且不考虑上柱榫头内纵向钢筋和间接钢筋的承载力。

6 抗震等级为二级的整浇式节点,应按第本章第 7.3 节进行节点核芯区受剪承载力计算,箍筋数量应满足表 7.3.6 的要求。

7.2.2 现浇柱预制梁节点应符合下列规定:

1 现浇柱预制梁节点分为 A 型构造(图 7.2.2-1)、B 型构造(图 7.2.2-2)和 C 型构造(图 7.2.2-3)。A 型构造用于抗震等级为二级的多层框架结构;B 型和 C 型构造用于非抗震及抗震等级为二、三级的多层框架结构。

2 现浇柱预制梁节点除柱子采用现浇外,节点核芯区混凝土强度等级、构造与计算均与本章第 7.2.2 条整浇式节点相同,并按式(7.2.1)进行施工吊装阶段梁端斜截面抗裂验算。

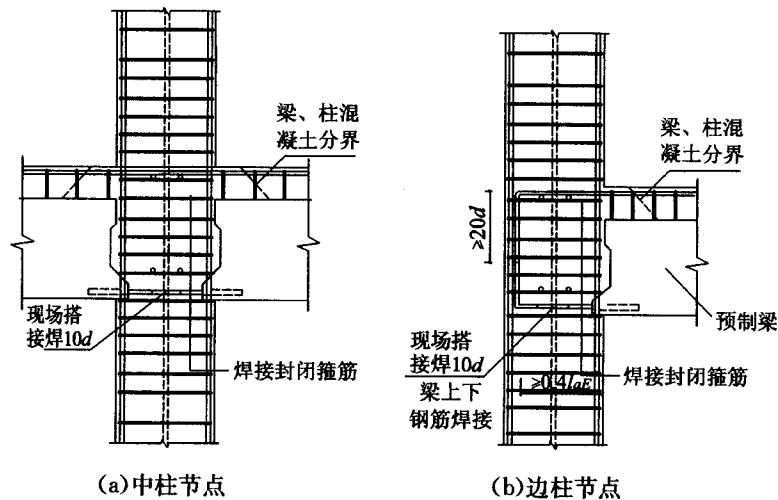


图 7.2.2-1 现浇柱预制梁节点(A 型构造)

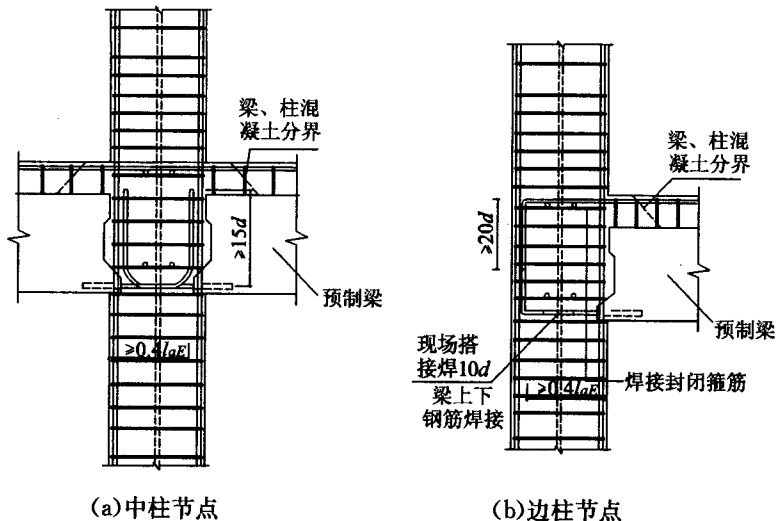


图 7.2.2-2 现浇柱预制梁节点(B 型构造)

注:梁上部钢筋多于下部钢筋时上部钢筋弯折后切断。

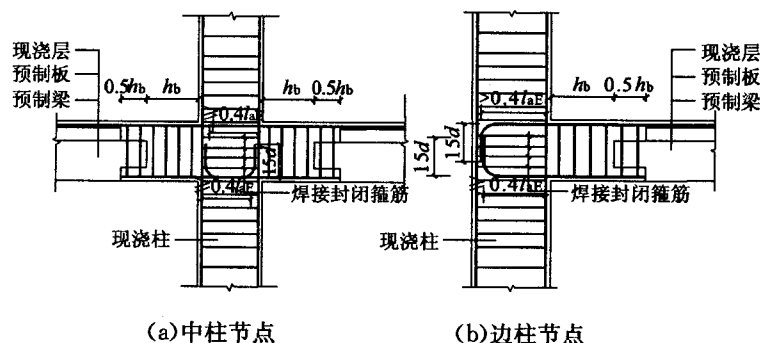


图 7.2.2-3 现浇柱预制梁节点(C型构造)

7.2.3 齿槽式节点应符合下列规定:

1 齿槽式节点适用于装配整体式混凝土框架的梁柱连接,也适用于梁梁连接。

2 受力齿槽(图 7.2.3)应符合以下构造要求:

- 1) 齿型宜用等腰三角形或梯形,齿槽沿梁截面高度宜均匀布置;
- 2) 齿深 a_k 宜采用 40mm;
- 3) 齿高 h_k 宜采用 40mm~100mm,但不宜大于齿深的 3 倍;
- 4) 同一截面上齿槽的净距 e_k 不应小于齿高;
- 5) 齿槽上、下面的倾斜角宜采用 45° ;
- 6) 梁柱接缝宽度不宜小于 80mm;梁高大于 1m 时可适当加大。

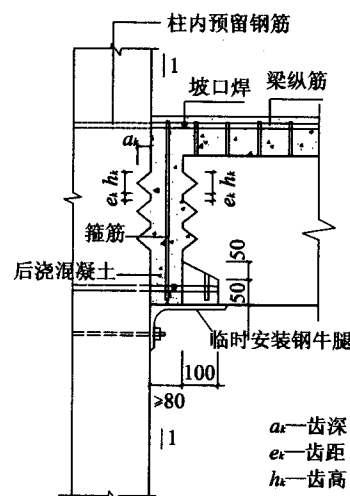


图 7.2.3 齿槽式节点

3 承重框架齿槽式节点中设置的齿槽数目不应少于 2 个,齿槽受剪面积不宜小于梁全截面面积的 $1/3$ 。梁端负弯矩纵向受拉钢筋配筋率不应小于 0.5% 。抗震设计时,梁端正弯矩钢筋截面面积不应小于梁端负弯矩钢筋截面面积的 30% 。在梁柱接缝内,应设置封闭箍筋 1~2 个,箍筋直径与梁内的箍筋直径相同。

4 齿槽式节点中梁端正截面和斜截面承载力,以及二级抗震的节点核芯区受剪承载力均应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中有关规定进行计算,此外尚应进行齿槽截面受剪承载力计算。

5 齿槽截面(图 7.2.3 中 1-1 截面)受剪承载力,应满足下列公式要求:

$$\text{非抗震设计} \quad V \leq 3\alpha n f_t b_k h_k + 0.4 \frac{M}{h_0} \quad (7.2.3-1)$$

$$\text{抗震设计} \quad V \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} (2.5\alpha n f_t b_k h_k + 0.4 \frac{M}{h_0}) \quad (7.2.3-2)$$

当以上式中 $0.4 \frac{M}{h_0} > \frac{1}{3} V$ 时, 应取 $0.4 \frac{M}{h_0} = \frac{1}{3} V$ 。

式中 V —— 齿槽截面剪力设计值, 可按非抗震设计或抗震分别取梁端组合的剪力最大设计值;

α —— 齿槽受剪强度折减系数: 当 $n \leq 3$ 时, 取 $\alpha = 0.85$; 当 $n = 4 \sim 5$ 时, 取 $\alpha = 0.75$; 当 $n \geq 6$ 时, 取 $\alpha = 0.65$;

M —— 与剪力设计值 V 相应的齿槽截面弯矩设计值, 按抗震设计时应考虑不利组合;

b_k —— 齿宽 (等于梁宽);

h_k —— 齿高;

n —— 同一截面上的齿槽数;

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数, 取 1.0。

7.2.4 暗牛腿式节点应符合下列规定:

1 暗牛腿式节点适用于民用房屋的梁柱连接。

本规程所推荐的暗牛腿为采用型钢埋入柱中制成, 梁为带缺口的预制梁; 预制梁与型钢暗牛腿的连接可通过钢筋或预埋钢板焊接, 然后用后浇混凝土形成刚性节点 (图 7.2.4-1)。

2 暗牛腿式节点应符合下列构造要求:

1) 暗牛腿式节点可采用构造齿槽或受力齿槽两种类型。

当采用构造齿槽时, 应符合下列要求: 在梁端和柱侧面宜设置 2~3 个构造齿槽, 齿深可取 25mm, 齿高可取 50mm~80mm, 齿距可取 50mm~100mm; 梁柱间的接缝宽度不宜小于 80mm; 接缝中应设置一道箍筋, 箍筋直径与梁端的箍筋直径相同, 但不宜小于 8mm。当采用受力齿槽时, 应符合第 7.2.3 条第二款的要求;

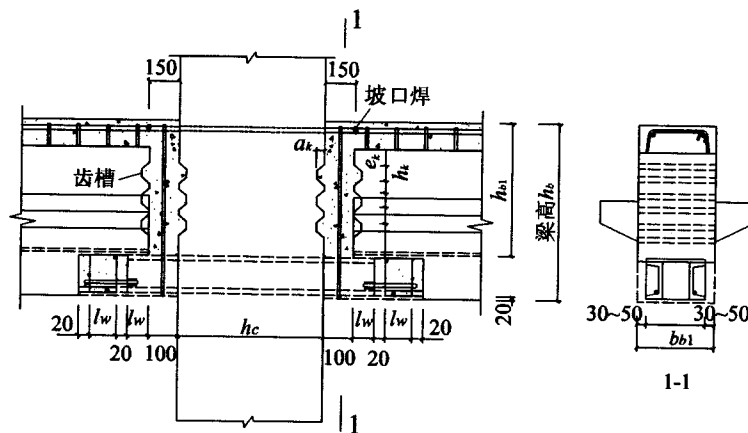


图 7.2.4-1 暗牛腿式节点

注: 图中 l_w 为焊缝计算长度。

2) 预制缺口梁的梁端箍筋直径不宜小于 8mm, 间距不宜大于 100mm; 缺口处的梁内箍筋应伸出不少于 2 根并与型钢暗牛腿或梁下部纵筋绑扎; 抗震设计时, 梁端下部纵向受力钢筋截面面积不应小于梁上部纵向受力钢筋截面面积的 30%。

3 采用构造齿槽的暗牛腿式节点, 型钢暗牛腿的受弯、受剪承载力应满足下列公式要求:

$$\frac{M_x}{W_x} \leq f \quad (7.2.4-1)$$

$$\frac{VS}{It_w} \leq f_v \quad (7.2.4-2)$$

式中 M_x —— 绕 x 轴的弯矩, $M_x = Va$;

W_x —— 对 x 轴的截面抵抗矩;

V —— 由型钢暗牛腿承受的组合剪力设计值;

a —— 剪力 V 作用点至柱边缘的距离, 此时, 应考虑安装

偏差 20mm; 当 $a < 0.3h_0$ 时, 取 $a = 0.3h_0$, 其中 h_0 是牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度;

f —— 钢材抗弯强度设计值, 对 Q235 钢可取 215N/mm^2 ;

f_v —— 钢材抗剪强度设计值, 对 Q235 钢可取 125N/mm^2 ;

S —— 型钢毛截面对中性轴的面积矩;

I —— 毛截面惯性矩;

t_w —— 腹板厚度。

4 采用构造齿槽的暗牛腿式节点, 牛腿承受的剪力设计值应按施工吊装阶段和使用阶段分别进行计算:

1) 施工吊装阶段由牛腿承受的剪力设计值 V_1 应按下列公式计算:

$$V_1 = V_{1G} + V_{1Q} \quad (7.2.4-3)$$

剪力设计值 V_1 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 有关规定并取式中 F_{1k} 为零进行牛腿的截面尺寸的验算。

2) 使用阶段由牛腿承受的组组合剪力设计值 V 可按下列公式确定:

非抗震设计

$$V = V_1 + \alpha(V_2 - 0.07f_c b_{bl} h_{bl}) \quad (7.2.4-4)$$

抗震设计

$$V = V_1 + \alpha(V_2 - 0.056f_c b_{bl} h_{bl}) \quad (7.2.4-5)$$

式中 V_1 —— 施工吊装阶段明牛腿剪力设计值;

V_{1G} —— 预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在设计截面产生的剪力设计值;

V_{1Q} —— 施工吊装阶段施工活荷载在设计截面产生的剪力设计值;

V_{2G} —— 第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的弯

剪力计值;

V_2 —— 框架形成整体后由使用阶段荷载通过内力的不利组合所得梁端最大剪力设计值; 当考虑地震作用时, 其可变荷载组合值应按《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9) 有关规定取用;

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值, 可取预制柱和预制梁混凝土强度等级二者中的较低者;

α —— 系数, 当与剪力设计值 V_2 相应的弯矩为负弯矩时取 0.8, 当与 V_2 相应的弯矩为正弯矩时取 1.0;

b_{bl}, h_{bl} —— 预制梁截面宽度、截面高度。

5 采用受力齿槽的暗牛腿式节点, 牛腿的剪力设计值 V 可按下列公式确定:

$$V = V_1 + 0.3V_2 \quad (7.2.4-6)$$

式中 V_1 —— 施工吊装阶段梁端剪力设计值;

V_2 —— 使用阶段按非抗震设计或抗震设计时的梁端剪力设计值。当 $V_2 \leq 0.1f_c b_{bl} h_{bl}$ 时可采用构造齿槽, $b_{bl} h_{bl}$ 为缺口梁的梁端截面面积。

型钢暗牛腿承载力可按式 (7.2.4-1) 和式 (7.2.4-2) 进行验算。

当确定齿槽数目时, 应取使用阶段梁端剪力设计值 V_2 作为受力齿槽的剪力设计值, 按式 (7.2.3-1) 或式 (7.2.3-2) 进行计算并满足第 7.2.3 条第 2 款的构造要求。

6 型钢对柱中混凝土局部受压承载力应满足下列公式要求 (图 7.2.4-2):

1) 荷载对称的中柱

$$V \leq \frac{1}{3}(\beta_i f_c - \frac{N}{b_c h_c}) A_l \quad (7.2.4-7)$$

2) 边柱

$$V \leq \frac{1}{3 + \frac{4a}{l}} (\beta_t f_c - \frac{N}{b_c h_c}) A_l \quad (7.2.4-8)$$

式中 V —— 型钢暗牛腿剪力设计值; 根据所用齿槽类型分别按第 7.2.4 条第 4 款或第 7.2.4 条第 5 款的规定确定;

a —— 梁端反力作用点至柱边缘的距离;

N —— 所在截面的柱轴向压力设计值;

β_t —— 混凝土局部受压强度提高系数, 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 中的有关规定取值;

b_c, h_c —— 柱截面宽度、高度;

A_l —— 局部受压面积, 对于中柱可取 $A_l = b h_c$, 对于边柱可取 $A_l = b l$, b 为型钢翼缘总宽度, l 为型钢在柱中的埋置长度。

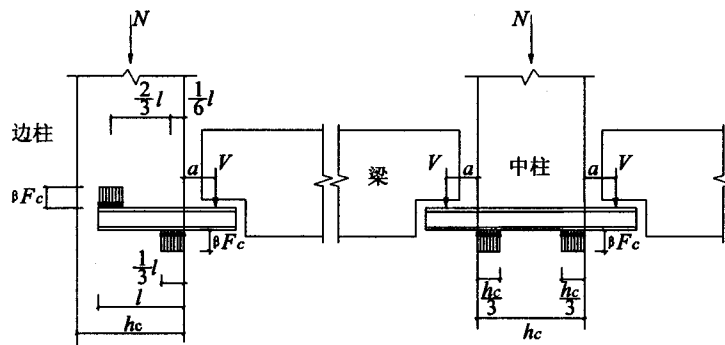


图 7.2.4-2 混凝土局部受压计算

如局部受压验算不满足时, 可采取增加型钢翼缘总宽度或在钢牛腿上焊吊筋等措施。

7.2.5 叠压浆锚式节点应符合下列规定:

1 叠压浆锚式节点适用于抗震等级为三级的多层框架结构, 尤宜适用于有内廊或外挑廊(台)的建筑(图 7.2.5-1)。

当采用叠压浆锚式节点时, 柱中纵向受力钢筋的总根数不宜多于 4 根, 柱截面不宜大于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。

冬季施工而无可靠保温措施时, 不宜采用叠压浆锚式节点。

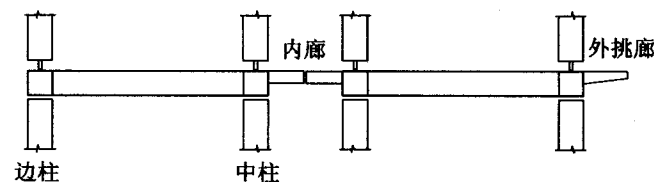


图 7.2.5-1 叠压浆锚式节点型式

2 叠压浆锚式节点应符合以下构造要求(图 7.2.5-2):

- 1) 梁的混凝土强度等级不宜低于 C30, 也不宜低于柱的混凝土强度等级; 当不能满足上述要求时, 其混凝土强度等级相差不应超过二级 (10N/mm^2), 此时梁端柱体的间接配筋可按第 7.2.5 条第 5 款的规定确定;
- 2) 梁端柱体内宜设置焊接钢筋网片其间距不宜大于 100mm ; 节点核心区最小体积配箍率应满足表 7.3.6 的要求; 柱上、下端应按构造要求设置焊接钢筋网片, 且不少于 3 片;
- 3) 当采用月牙纹钢筋时, 节点核心区柱纵向受力钢筋搭接长度不应小于 $25d$, 上柱纵向受力钢筋插入浆锚孔内的长度不应小于 $20d$, d 为纵向钢筋直径; 并应在搭接钢筋的上部按图 7.2.5-2 中规定局部加焊;
- 4) 捻缝用的细石混凝土强度等级不应低于柱混凝土的强

度等级,水灰比不宜大于 0.3,并宜采用无收缩快硬硅酸盐水泥配制,浆锚砂浆应符合第 8.3.2 条第 2 款的要求;

5)当采用预埋钢管支承上柱时,钢管截面除满足第 7.2.5 条第 3 款计算要求外,其直径不宜小于 60mm,锚入上柱的长度不宜小于 300mm;钢管内宜用水泥砂浆填实,砂浆强度等级不宜低于 M20。

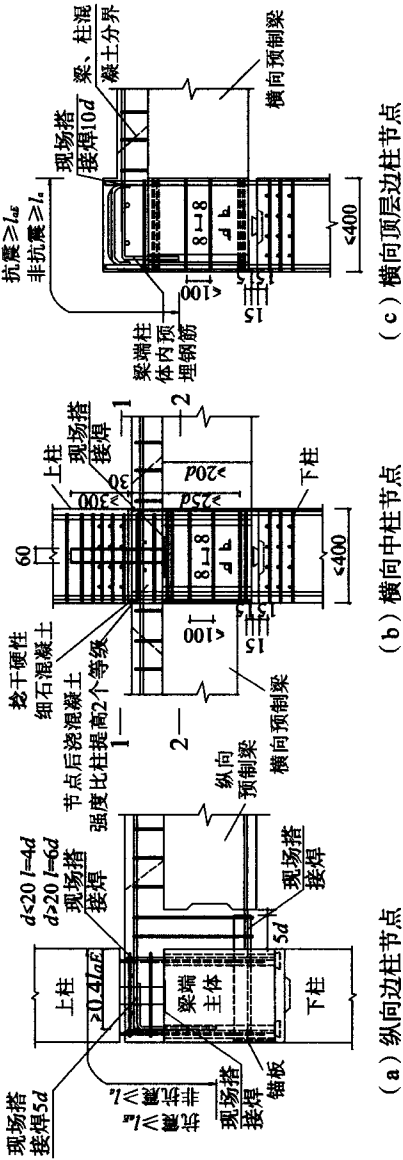


图 7.2.5-2 叠压浆锚式节点构造

3 施工吊装阶段预埋钢管的受压承载力可按下列公式验算:

$$\frac{N_1}{A_n} \leq f \quad (7.2.5-1)$$

式中 N_1 ——浇灌节点后浇混凝土前,作用在预埋钢管上的轴向压力设计值;

A_n ——钢管净截面面积;

f ——钢材抗压强度设计值,按《钢结构设计规范》(GB 50017)的规定采用;

当采用混凝土棒头时,应按式(8.3.1-1)或式(8.3.1-2)计算施工吊装阶段混凝土棒头的受压承载力。

4 在使用阶段应对图 7.2.5-2 中 1-1 截面的受压承载力应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中偏心受压构件的规定进行验算。

5 在使用阶段应对图 7.2.5-2 中的 2-2 截面按下列公式进行受压承载力验算:

$$f_{cc} \leq f_{cb} A + 2\rho_v f_y A_{cor} \quad (7.2.5-2)$$

式中 A ——柱截面面积;

f_{cc} ——预制柱混凝土轴心抗压强度设计值;

f_{cb} ——梁端柱体混凝土轴心抗压强度设计值;

ρ_v ——梁端柱体内钢筋网片体积配箍率,《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的有关规定进行计算;

A_{cor} ——梁端柱体配置钢筋网片范围内的混凝土核芯截面面积。

7.3 承载力计算

7.3.1 抗震等级为二级的框架节点核芯区组合的剪力设计值应按下列公式确定:

$$V_j = \frac{1.2 \sum M_b}{h_{b0} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (7.3.1)$$

式中 V_j ——梁柱节点核芯区组合的剪力设计值;

h_{b0} ——梁截面的有效高度,节点两侧梁截面高度不等时可采用平均值;

a'_s ——梁受压钢筋合力点至受压边缘的距离;

H_c ——柱的计算高度,可采用节点上下柱反弯点之间的距离;

h_b ——梁的截面高度,节点两侧梁截面高度不等时可采用平均值;

$\sum M_b$ ——节点左右梁端反时针或顺时针方向组合弯矩设计值之和。

7.3.2 核芯区截面有效验算宽度,应按下列规定采用:

1 核芯区截面有效验算宽度,当验算方向的梁截面宽度不小于该侧柱截面宽度的 1/2 时,可采用该侧柱截面宽度,当小于柱截面宽度的 1/2 时,可采用下列二者的较小值:

$$b_j = b_b + 0.5h_c \quad (7.3.2-1)$$

$$b_j = b_c \quad (7.3.2-2)$$

式中 b_j ——节点核芯区的截面有效验算宽度;

b_b ——梁截面宽度;

h_c ——验算方向的柱截面高度;

b_c ——验算方向的柱截面宽度。

2 当梁、柱的中线不重合且偏心距不大于柱宽的 1/4 时,核芯区的截面有效验算宽度可采用上款和下式计算结果的较小值。

$$b_j=0.5(b_b+b_c)+0.25h_c-e \tag{7.3.2-3}$$

式中 e —— 梁与柱中线偏心距。

7.3.3 节点核芯区组合的剪力设计值,应符合下列要求:

$$V_j\leqslant\frac{1}{\gamma_{RE}}(0.3\eta_jf_cb_jh_j) \tag{7.3.3}$$

式中 η_j —— 正交梁的约束影响系数,采用 1.0;

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;

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数,可采用 0.85。

7.3.4 节点核芯区截面抗震受剪承载力,应采用下列公式验算:

$$V_j\leqslant\frac{1}{\gamma_{RE}}\left(1.1\eta_jf_tb_jh_j+0.05\eta_jN\frac{b_j}{b_c}+f_{yv}A_{svj}\frac{h_{b0}-a_s'}{s}\right) \tag{7.3.4}$$

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

f_{yv} —— 箍筋的抗拉强度设计值;

f_t —— 混凝土轴心抗拉强度设计值;

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;

s —— 箍筋间距。

7.3.5 抗震等级为三级及非抗震设计的节点可不进行节点核芯区受剪承载力计算,但应符合《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)的有关规定。

7.3.6 抗震设计与非抗震设计的柱端节点加密区及核芯区最小体积配箍率不宜小于表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 框架柱端及节点核芯区最小体积配箍率(%)

抗震等级	柱端轴压比			节点核芯区
	<0.4	0.4~0.6	>0.6	
二	0.6~0.8	0.8~1.2	1.2~1.6	0.8
三	0.6	0.6~0.8	0.8~1.2	0.6
非抗震设计	0.6	0.6	0.6	0.6

- 注:1 适用于普通箍或复合箍,普通箍筋系指单个矩形箍筋,复合箍系指由矩形箍筋与菱形箍筋、或与多边形箍筋、或与拉筋组成的箍筋;
- 2 箍筋体积配箍率为柱核芯面积范围内单位混凝土体积中所含的箍筋体积;计算体积配箍率时,对复合箍筋中箍筋相重叠的部分不宜计入;
- 3 当柱端加密区箍筋采用复合井字箍且肢距不大于 200mm、箍筋直径不小于 10mm 时,配箍率可采用表中较低值;当采用Ⅱ级钢作箍筋且混凝土强度等级不高于 C40 时,柱端最小配箍率可乘以 0.85 的系数,但不得低于 0.6;
- 4 当混凝土强度等级高于 C40 时,或Ⅳ类场地上较高的高层建筑,柱端配箍率宜取表中相应项目的较大值;
- 5 轴压比指包括地震作用组合在内的轴向压力设计值与混凝土轴心抗压强度设计值和柱全截面面积乘积的比值。

8 连接设计

8.1 一般规定

8.1.1 预制构件连接接头的形式应根据结构的受力性能和施工条件进行设计,且应构造简单、传力直接。对能够传递弯矩及其他内力的刚性接头,设计时应使接头部位的截面刚度与邻近接头的预制构件的刚度相接近。

8.1.2 装配整体式结构在安装过程中应考虑施工和使用过程中的温差和混凝土收缩等不利影响,宜较现浇结构适当增加构造配筋,并应避免由构件局部削弱所引起的应力集中。当钢筋采用焊接接头时,还应注意焊接程序并选择合理的构造形式,以减少焊接应力的影响。当接头的构造和施工措施能保证连接接头传力性能的要求时,装配整体式接头的钢筋也可采用其他的连接方法。

8.1.3 装配整体式接头的设计应满足施工阶段和使用阶段的承载力、稳定性和变形的要求。

8.1.4 计算时考虑传递内力的装配整体式构件接头,其灌注接缝的细石混凝土强度等级不宜低于 C40,并应采取措施减少灌缝混凝土的收缩。计算时不考虑传递内力的构件接头,应采用不低于 C30 的细石混凝土灌注。

8.1.5 装配整体式结构构件的连接,应能保证结构的整体性。

8.1.6 当预制构件组装到一个结构体系中时,在设计中应考虑接头和接头附近区域产生的力和变形。

8.1.7 应对相互连接的构件误差作出规定。预制构件和接头的

设计应考虑到这类误差的影响。

8.1.8 各种连接方式的传力性能应通过理论分析或试验确定。

8.1.9 当接头使用具有不同结构特性的材料时,应考虑材料的相对刚度、强度和延性。

8.2 梁梁连接

8.2.1 现浇连接应符合下列规定:

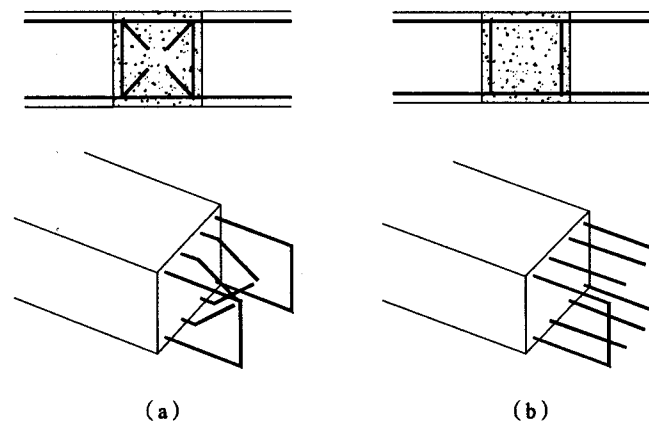
1 现浇连接的接头位置可设置在梁跨中,也可设置在靠近柱边 1 倍梁高处。

2 现浇连接应符合以下构造要求:

1) 与现浇混凝土接触的预制构件表面应清洁、无浮浆,并应是凹凸不小于 6mm 的自然粗糙面;

2) 预制构件的纵筋应全部或部分伸入现浇混凝土中。钢筋可采用机械连接或焊接连接。

3 现浇连接可通过不同的方法来实现剪力和弯矩传递。主要的连接类型如图 8.2.1 所示。



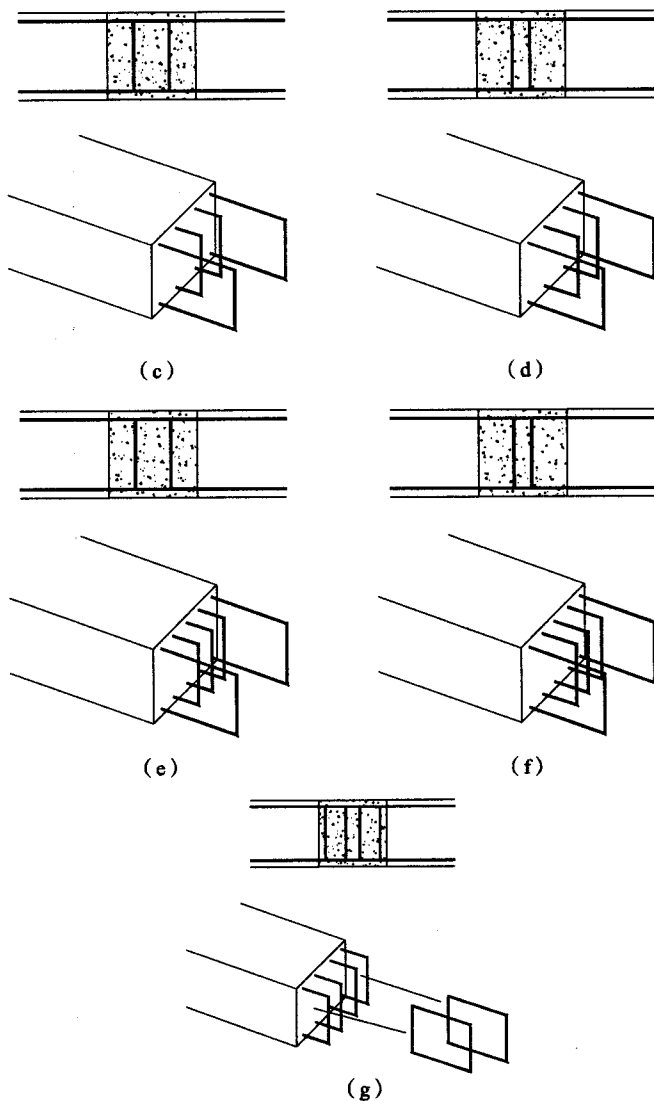


图 8.2.1 现浇连接

8.2.2 企口式连接应符合下列规定：

1 企口(图 8.2.2-1)应符合以下构造要求：

- 1) 企口处应设置足够的箍筋和附加纵筋；
- 2) 保证企口处纵筋伸入梁内有足够的锚固长度；
- 3) 企口接合处的可靠性要高于底部纵筋的可靠性。

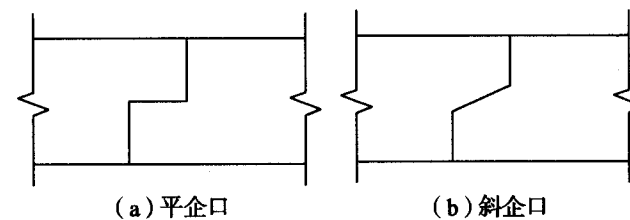


图 8.2.2-1 企口连接

2 企口截面的受剪承载力,应满足下列要求：

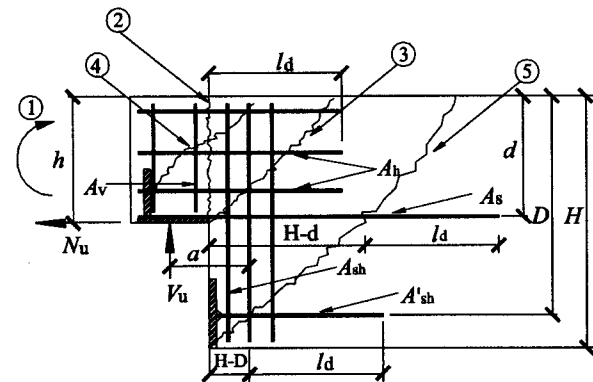


图 8.2.2-2 企口的破坏模式及配筋要求

企口有五种破坏形式：①受拉或受弯破坏；②交界处截面的直剪破坏；③凹角处的斜拉破坏；④伸出端的斜截面破坏；⑤端部斜截面破坏。具体的计算方法如下：

1) 抗弯和抗拉计算

为承担梁端 V 和 N 所产生的弯矩和水平力,需要配置的钢筋面积应为:

$$A_s = A_t + A_n = \frac{1}{\kappa f_y} \left[V_u \left(\frac{a}{d} \right) + N_u \left(\frac{h}{d} \right) \right] \quad (8.2.2-1)$$

式中 κ —— 取 $\kappa=0.75$;

N_u —— 取 0.2 倍 V_u ;

a —— 剪跨,反力到受力钢筋 A_{sh} 的距离;

h —— 企口的高度;

d —— 受力钢筋 A_s 到梁顶的距离;

f_y —— 钢筋屈服强度。

2) 企口部位的垂直抗剪计算

计算竖向力作用下企口抵抗剪切破坏所需的配筋。穿过垂直裂缝②的钢筋 A_s 、 A_h 可按下列式计算:

$$A_s = \frac{2V_u}{3\kappa f_y \mu_e} + A_t \quad (8.2.2-2)$$

$$A_t = \frac{N_u}{\kappa f_y} \quad (8.2.2-3)$$

$$A_h = 0.5(A_s - A_t) \quad (8.2.2-4)$$

式中 κ —— 取 $\kappa=0.75$;

f_y —— 钢筋屈服强度;

μ_e —— 有效摩擦系数, $\mu_e = \frac{6.9 \times 10^9 \xi b h \mu}{V_u}$, 其中系数 ξ 对普通混凝土取 1.0, μ 为剪力摩擦系数,对整浇混凝土

取 1.4, 且 $\mu_e \leq 3.4$ 。

3) 凹角处抗拉计算

穿过凹角处裂缝的(裂缝③)钢筋面积 A_{sh} 应为:

$$A_{sh} = \frac{V_u}{\kappa f_y} \quad (8.2.2-5)$$

式中 κ —— 取 $\kappa=0.75$;

f_y —— 钢筋屈服强度。

4) 企口部位斜截面抗剪计算

在缺口梁的企口部需要设置一定量的箍筋和水平钢筋来抵抗剪力作用,且应该满足:

$$V_u \leq \kappa(A_v f_y + A_h f_y + 166 \xi b d \sqrt{f_c}) \quad (8.2.2-6)$$

式中 f_c —— 混凝土抗压强度设计值,其余参数同前。且有:

$$A_v \geq \frac{1}{2f_y} \left(\frac{V_u}{\kappa} - 166 \xi b d \sqrt{f_c} \right) \quad (8.2.2-7)$$

5) 端部斜截面破坏

此破坏形式为预制梁本身的受剪破坏,可采用《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的抗剪公式进行验算。

钢筋的锚固应符合下列要求:

(1) 钢筋 A_s 、 A_h 和 A_{sh} 应分别在与其相交的裂缝(裂缝②和裂缝⑤)之后留有至少 1.0 倍的锚固长度,如图 8.2.2-2 所示;

(2) 钢筋可以通过焊接在预埋件上、弯钩等方式进行锚固;

(3) 钢筋 A_{sh} 应尽量布置在凹角处。

8.2.3 齿槽式连接的设计计算和构造要求,参考本规程条文 7.2.3。

8.3 柱柱连接

8.3.1 榫式柱连接应符合下列规定:

1 榫式柱连接可适用于民用房屋。柱截面尺寸不宜小于 400mm×400mm,榫头下端截面面积不应小于 120mm×120mm。榫式柱连接的位置宜设在楼面以上 1.0m 处。

- 2 榫式柱连接(图 8.3.1—1)应符合下列构造要求:
- 1) 榫头高度不应小于 500mm, 也不宜小于 25 倍柱纵向受力钢筋直径; 榫头的上部宜做成平角; 后浇混凝土时应应在上部留 30mm 的缝隙, 后捻干硬性细石混凝土;
 - 2) 柱纵向受力钢筋宜采用剖口焊连接; 当钢筋根数较少或施工条件限制时, 也可采用绑条焊或搭接焊等, 焊口位置宜在接头的中部;
 - 3) 榫头内纵向受力钢筋不应少于 4 根, 直径不应小于 10mm; 配筋率不宜小于榫头上部截面面积的 1%; 榫头内箍筋直径不宜小于 8mm, 间距不宜大于 100mm; 必要时, 榫头底部可预埋钢板, 与下柱点焊连接;
 - 4) 下柱顶部的钢筋网片按局部受压计算确定; 当为非局部受压控制时, 应不少于 3 片, 钢筋直径不宜小于 8mm, 网孔不宜大于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$;
 - 5) 连接处柱的纵向受力钢筋每侧多于 3 根时, 应设置复合箍; 连接处的体积配箍率应满足表 7.3.6 的要求。
- 3 榫式柱连接在施工吊装阶段应按下列规定进行承载力验算:

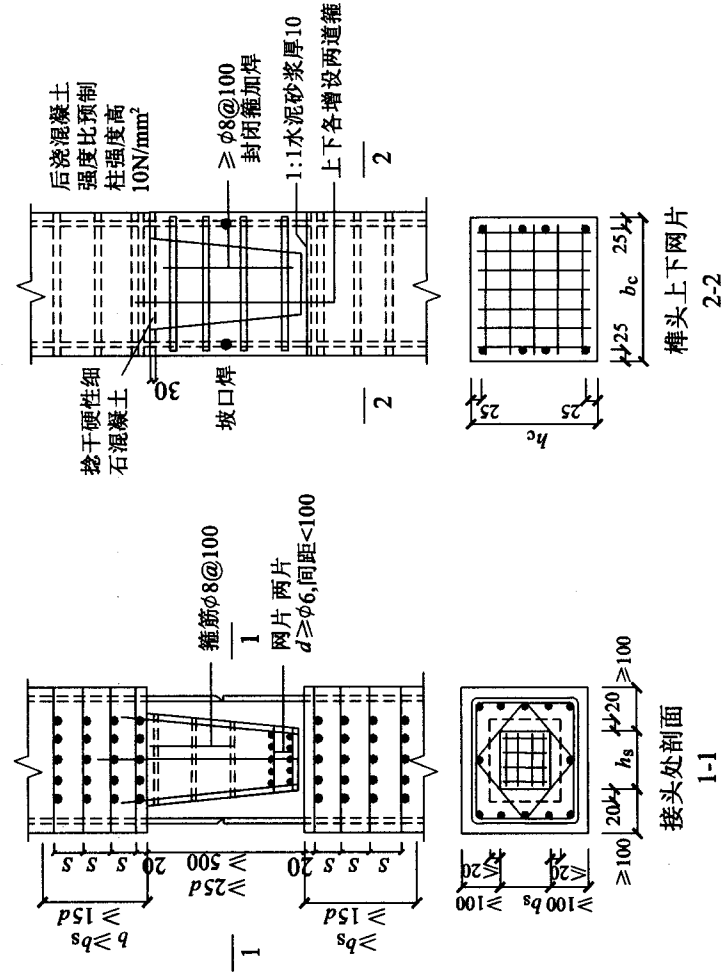


图 8.3.1—1 榫式柱连接

1)上柱榫头(图 8.3.1-2 中 1-1 截面)受压承载力,应符合下列公式要求:

当榫头内不设置钢筋网片时

$$N_1 \leq f_c A_c + f'_y A'_s \quad (8.3.1-1)$$

当榫头内设置钢筋网片时

$$N_1 \leq (f_c + 2\rho_v f_y) A_{\text{cor}} + f'_y A'_s \quad (8.3.1-2)$$

式中 N_1 ——施工吊装阶段作用于上柱榫头底部截面的轴向压力设计值;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

A_c ——榫头底部截面面积;

f'_y ——榫头内纵向钢筋抗压强度设计值;

A'_s ——榫头内纵向受压钢筋的总截面面积;

A_{cor} ——榫头下端的核芯截面面积;

ρ_v ——榫头内钢筋网片体积配箍率,按式 8.3.1-6 计算。

2)下柱柱端(图 8.3.1-2 中 2-2 截面)局部受压承载力,可按下列公式进行计算。

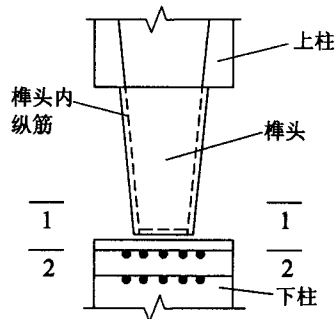


图 8.3.1-2 榫式柱连接施工吊装阶段验算截面

注:1-1 和 2-2 截面是指受压承载力验算截面。

$$N_1 = (\beta_l f_c + 2\rho_v \beta_{\text{cor}} f_y) A_l \quad (8.3.1-3)$$

$$\beta_l = \sqrt{\frac{A_b}{A_l}} \quad (8.3.1-4)$$

$$\beta_{\text{cor}} = \sqrt{\frac{A_{\text{cor}}}{A_l}} \quad (8.3.1-5)$$

$$\rho_v = \frac{n_1 A_{s1} l_1 + n_2 A_{s2} l_2}{A_{\text{cor}} s} \quad (8.3.1-6)$$

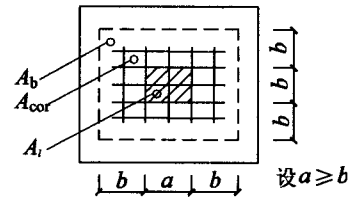


图 8.3.1-3 局部受压计算底面积 A_b

式中 N_1 ——施工吊装阶段轴向压力设计值,包括相应范围内预制混凝土构件自重、后浇混凝土自重和施工活荷载产生的轴向压力;

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数;

f_c ——预制构件混凝土轴心抗压强度设计值;

ρ_v ——钢筋网片体积配筋率;

β_{cor} ——配置间接钢筋的局部受压承载力提高系数;

f_y ——网片钢筋抗压强度设计值;

A_l ——局部受压面积;

A_b ——局部受压时的计算底面积,根据局部受压面积与计算底面积同心、对称的原则确定(图 8.3.1-3);

A_{cor} ——配置焊接钢筋网片范围内的混凝土核芯面积,且 $A_{\text{cor}} \leq A_b$;

- l_1, l_2 —— 方格网片两个方向的长度;
 n_1, A_{s1} —— 方格网片沿 l_1 方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积;
 n_2, A_{s2} —— 方格网片沿 l_2 方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积;
 s —— 方格网片的间距。

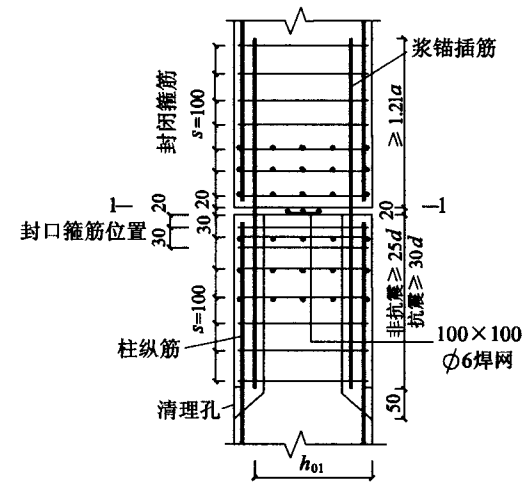
8.3.2 浆锚式柱连接应符合下列规定:

1 浆锚式柱连接适用于抗震等级为三级的民用房屋受压弯构件,不得用于受拉构件。柱截面尺寸不宜大于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。

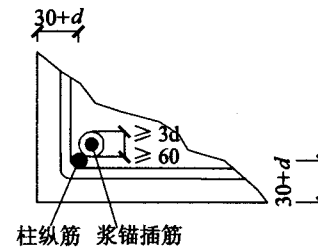
柱纵向受力钢筋总根数不宜多于 4 根。浆锚式柱连接的位置宜设在楼面以上 1.0m 处。

2 浆锚式柱连接(图 8.3.2)应符合下列构造要求:

- 1) 柱混凝土强度等级不宜低于 C30;浆锚及水平接缝的砂浆宜用无收缩快硬硅酸盐水泥配制,一天强度不宜低于 25N/mm^2 ,28 天龄期的强度不宜低于 50N/mm^2 ;
- 2) 当柱中的纵向受力钢筋采用月牙纹钢筋时,其在浆锚孔内的搭接长度对非抗震设计不应小于 $25d$,对抗震设计不应小于 $30d$, d 为浆锚插筋直径;



(a) 连接构造



(b) 纵筋和插筋连接局部构造

图 8.3.2 浆锚式连接

注:1-1 截面是指受压承载力验算截面。

- 3) 浆锚预留孔的直径应大于浆锚插筋直径的 3 倍且不应小于 60mm ;预留孔孔壁应保持粗糙或设构造齿槽;预留孔长度应比浆锚插筋下端长 50mm ;预留孔的位置必须符合设计要求;
- 4) 当浆锚插筋直径不大于 20mm 时,在上、下柱端浆锚插

筋范围内应分别设置 5 道直径不小于 8mm 的封闭箍筋,其间距不宜大于 100mm;箍筋末端应改成 135°弯钩,弯钩端头延伸长度不应小于 10d, d 为箍筋直径;

5) 上、下柱端应按构造要求设置钢筋网片,且不宜少于 3 片。

3 浆锚式柱连接正截面受压承载力应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)偏心受压构件进行验算(图 8.3.2 中 1—1 截面),此时应取该截面的轴向压力及弯矩设计值,柱截面有效高度应取浆锚插筋处的 h_{01} 计算。

8.3.3 插入式柱连接应符合下列规定:

1 插入式柱连接接头位置宜设在柱子中部且柱中轴向压力对截面重心的偏心距 e_0 不大于 $0.35h_0$ 的部位。柱截面尺寸不应小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。

2 插入式柱连接(图 8.3.3—1)应符合下列构造要求:

- 1) 上柱榫头长度 l_k 不宜小于柱截面高度,且不应小于 450mm;
- 2) 下柱杯壁厚度 t_h 可取 80mm~100mm;杯口竖缝 c 可取 20mm;水平接缝 a 不宜大于 15mm;水平接缝 d 可取 20mm;
- 3) 榫头内纵向受力钢筋与上、下柱体内纵向受力钢筋的搭接长度宜满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定;
- 4) 接头处上、下柱体内应配置封闭加焊箍筋,其中三道封口箍筋应采用直径不小于 12mm、间距不大于 50mm;其它加密的封闭箍筋宜采用直径不小于 10mm、间距不大于 100mm;杯壁箍筋应为 4 肢箍;

5) 榫头与杯壁的竖向侧面上应各设三道构造齿槽,齿深及齿高可取 20mm~25mm。

3 插入式柱连接使用阶段正截面受压承载力应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)偏心受压构件进行验算,此时应取该截面的轴向压力及弯矩设计值,截面有效高度应取榫头纵向受拉钢筋处的 h_{01} (图 8.3.3—2)计算。

柱轴向压力偏心距 e_{01} 可按下列公式计算:

$$e_{01} = \frac{M}{N} - \frac{t_h + c}{2} \quad (8.3.3)$$

式中 t_h —— 杯壁厚度;

c —— 竖缝宽度;

N, M —— 插入式柱连接处组合的轴向压力及弯矩设计值。

计算偏心距增大系数时,应取柱体截面尺寸,并按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)有关规定计算,但应将计算值乘以系数 1.05。

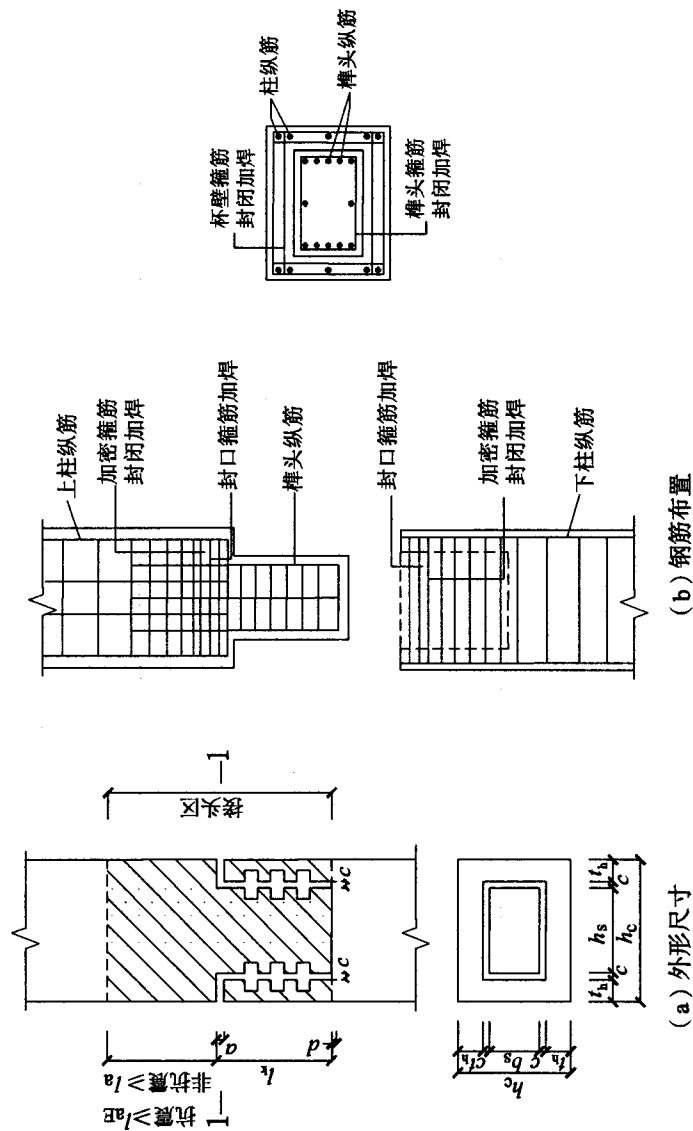


图 8.3.3-1 插入式柱连接

注: 1-1 截面是指进行临时封缝的截面。

4 插入式柱连接施工中应满足下列要求:

- 1) 柱子模板宜通长整根预制, 并应双向定准中心线;
- 2) 制作柱子杯口时, 可先铺底层混凝土, 再放置杯口内阴模; 杯口混凝土必须振捣密实;
- 3) 吊装上柱时, 应在下柱杯口上设置小垫块, 调整柱子高度及垂直度; 吊装就位灌浆后, 应设临时支撑;
- 4) 接缝灌浆可采用压力灌浆和自重挤浆两种方法: 压力灌浆的压力应保持在 $0.2\text{N/mm}^2 \sim 0.5\text{N/mm}^2$, 压力灌浆孔应与杯口底同高, 在图 8.3.3-1 的 1-1 截面处进行临时封缝, 每面应留一排气孔; 自重挤浆的砂浆体积应为接缝空隙体积的 1.5~2.0 倍, 吊装时应对准上、下柱两个方向的轴线一次就位;
- 5) 接缝砂浆宜用无收缩快硬硅酸盐水泥配制, 砂浆强度等级应比柱体混凝土强度等级提高两级, 强度达到 20N/mm^2 后方可进行上层柱的吊装。

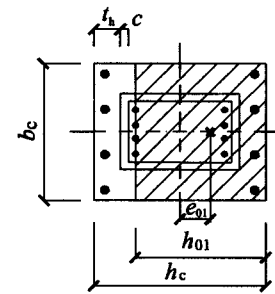


图 8.3.3-2 插入式柱连接处截面有效高度

8.3.4 套管式柱连接应符合下列要求:

- 1 套管式柱连接可适用于民用房屋。套管式柱连接分为钢套管连接和钢波纹管连接两种, 其位置可设置在柱反弯点或楼板

处。预制混凝土套管叠合柱连接可参考本章要求进行设计,应通过计算和构造确保连接可靠。

2 套管式柱连接(图 8.3.4)应符合下列构造要求:

- 1)水平接缝的砂浆可采用水泥砂浆或环氧树脂砂浆;
- 2)应在灌浆部位的下部和上部分别设置灌浆管和排浆排气管。

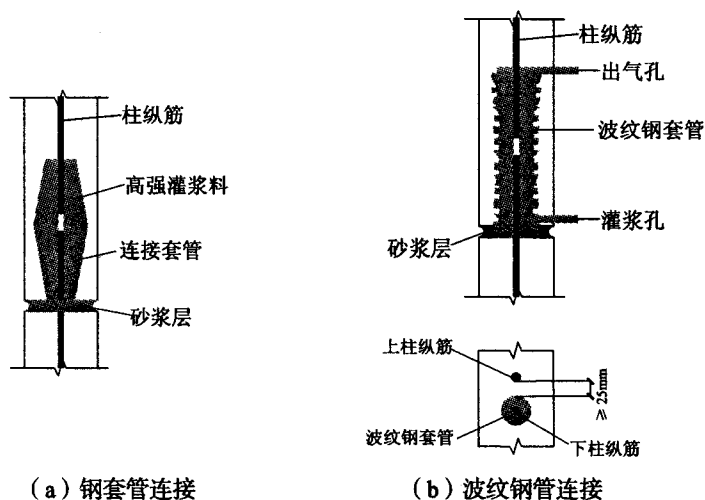


图 8.3.4 套管式柱连接

9 预制叠合剪力墙设计

9.1 一般规定

9.1.1 预制叠合剪力墙所用混凝土及钢筋除本规范特别要求外,尚应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定。

9.1.2 预制叠合剪力墙混凝土强度等级不宜低于 C30,且预制部分和现浇部分的强度等级应保持一致。

9.1.3 预制叠合剪力墙受力钢筋除叠合筋斜筋、边缘构件箍筋及拉结筋外,不宜采用 HPB235 级钢筋。

9.1.4 预制剪力墙板(简称 PCF 板)在工厂制作、养护,达到设计强度后运抵施工现场,安装就位后和现浇部分整浇形成叠合剪力墙。预制剪力墙板外侧建筑饰面可根据需要在工厂一并制作完成。

9.1.5 预制叠合剪力墙结构是指建筑物外围剪力墙采用钢筋混凝土预制叠合剪力墙,其它部位剪力墙采用一般钢筋混凝土剪力墙的一种剪力墙结构形式。

9.1.6 预制叠合剪力墙结构中的预制叠合剪力墙应满足本章要求,预制叠合剪力墙结构中的普通剪力墙应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)及《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)的相关要求。

9.1.7 预制叠合剪力墙结构中,结构抗侧力构件平面、竖向布置及抗侧刚度要求和一般剪力墙结构相同;预制叠合剪力墙结构中的预制叠合剪力墙及一般剪力墙的墙肢截面宜简单、规则。

9.1.8 预制叠合剪力墙结构应限制预制叠合剪力墙的数量,且

应在建筑内部布置筒体(或一般剪力墙),形成预制叠合剪力墙与筒体(或一般剪力墙)共同抵抗水平力的剪力墙结构,并应符合下列规定:

1 抗震设计时,筒体和一般剪力墙承受的第一振型底部地震倾覆力矩不宜小于结构底部总地震倾覆力矩的 50%;

2 抗震设计时,各层预制叠合剪力墙在重力荷载代表值作用下产生的轴力设计值的轴压比在抗震等级为三级时不宜大于 0.6;

3 抗震设计时,底部加强部位应按《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)中的有关规定调整剪力设计值。

9.1.9 预制叠合剪力墙的门窗洞口宜上下对齐、成列布置,形成明确的墙肢和连梁。应避免使墙肢刚度相差悬殊的洞口设置。抗震设计时,三级抗震等级的预制叠合剪力墙的底部加强部位不宜采用错洞墙。具有不规则洞口布置的错洞预制叠合剪力墙,可按弹性平面有限元方法进行应力分析,并按应力进行截面配筋设计或校核。

9.1.10 较长的预制叠合剪力墙宜开设洞口,将其分成长度较为均匀的若干墙段,墙段之间宜采用弱连梁连接,每个独立墙段的总高度与其截面高度之比不应小于 2。预制叠合剪力墙墙肢截面高度不宜大于 6m。

9.1.11 应控制预制叠合剪力墙平面外的弯矩。当预制叠合剪力墙墙肢与其平面外方向的楼面梁连接时,应至少采取以下措施中的一个措施,减小梁端部弯矩对预制叠合剪力墙的不利影响:

1 沿梁轴线方向设置与梁相连的剪力墙,以抵抗该预制叠合剪力墙墙肢平面外弯矩;

2 当不能设置与梁轴线方向相连的剪力墙时,宜在叠合墙

与梁相交处设置扶壁柱,扶壁柱宜按计算确定截面及配筋;

3 当不能设置扶壁柱时,应在叠合墙墙与梁相交处设置暗柱,并宜按计算确定配筋。

9.1.12 预制叠合剪力墙开洞形成的跨高比小于 5 的连梁,应按《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)中的有关规定进行设计;当跨高比不小于 6 时,宜按框架梁进行设计。

9.1.13 抗震设计时,预制叠合剪力墙结构底部加强部位的高度可取墙肢总高度的 1/8 和底部两层二者的较大值;预制叠合剪力墙不宜采用框支剪力墙。

9.1.14 不宜将楼面主梁支承在预制叠合剪力墙之间的连梁上。

9.1.15 楼面梁与预制叠合剪力墙连接时,梁内纵向钢筋应伸入预制叠合剪力墙的现浇部分,并可靠锚固。

9.1.16 预制叠合剪力墙结构的荷载和地震作用、结构设计、结构计算分析和一般剪力墙结构相同,除本章特别规定外应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)中的相关规定,预制叠合剪力墙厚度取有效厚度参与结构整体计算。预制叠合剪力墙的有效厚度见图 9.1.16。

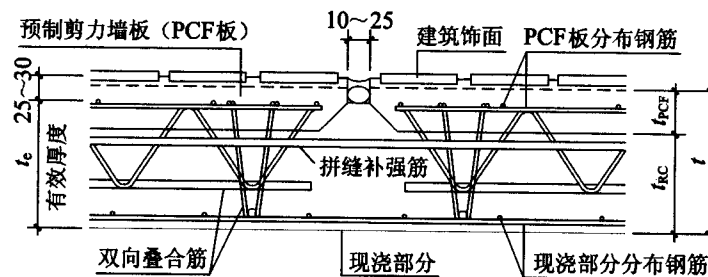


图 9.1.16 预制叠合剪力墙组成及其有效厚度

9.1.17 预制叠合剪力墙(以有效厚度计算)的截面设计及构造

要求和一般剪力墙相同,除本章特别规定外应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)中的有关规定,预制叠合剪力墙的边缘构件及连梁均应布置在其现浇部分。

9.1.18 预制叠合剪力墙结构中预制叠合剪力墙以有效截面厚度计算的分布钢筋配筋率不应小于 0.25%;且当其位于加强区时,预制剪力墙板及现浇部分的水平及垂直分布钢筋分别不应小于 HRB400 ϕ 8@150,位于非加强区时分别不应小于 HRB400 ϕ 8@200。

9.2 构造要求

9.2.1 预制剪力墙板(PCF 板)应满足以下构造要求:

1 预制剪力墙板采用普通硅酸盐混凝土,混凝土设计强度等级不宜小于 C30。墙板分布钢筋、叠合筋上弦钢筋及下弦钢筋宜采用 HRB335 或 HRB400 级钢筋,钢筋直径根据计算确定且不宜小于 ϕ 8,斜筋最小可采用 HPB235 级 ϕ 6 钢筋。预制剪力墙板构造详见图 9.2.2-1。

2 预制剪力墙板采用矩形或“L”形板,设计板宽 B 应不大于 3.3m,板高 H 应不大于 6.0m,“L”形板短边长度不宜大于 1.0m。单块预制剪力墙板板重不宜大于 3.5t。

开洞预制剪力墙板洞口应居中布置,洞口至板边距离应满足图 9.2.1-1 要求,洞口不宜跨板边布置。

预制剪力墙板制作时端部应按图 9.2.1-2 所示进行 45°或 30°切角。不计建筑饰面厚,切角后板端厚度不应小于 20mm。预制剪力墙板内表面应做成凹凸不小于 4mm 的人工粗糙面。

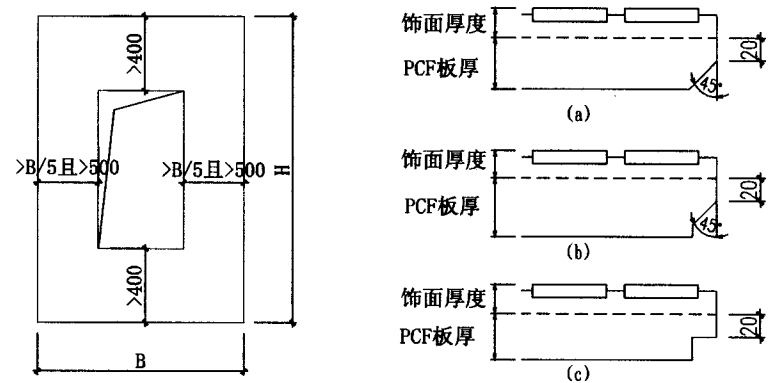


图 9.2.1-1 开洞预制叠合剪力墙洞边尺寸要求

图 9.2.1-2 预制剪力墙板板端形状

3 不含建筑饰面厚,预制剪力墙板板厚参考表 9.2.1 确定,且最小板厚不应小于 60mm。

表 9.2.1 预制剪力墙板参考板厚

板高 H	板厚 t
4.0m 以下	60mm~65mm
4m~4.5m	70mm
4.5m 以上	80mm

注:预制剪力墙板厚以 5mm 为模数。

4 预制剪力墙板分布钢筋采用 HRB335 或 HRB400 级直径 ϕ 8 及以上单一直径钢筋,钢筋间距不应大于 200mm。不计建筑饰面厚度,预制剪力墙板分布钢筋的保护层厚度不应小于 30mm,当与土壤接触时,其迎水面保护层厚度不应小于 50mm。

预制剪力墙板单位面积分布钢筋需要配筋量根据式(9.2.1)计算确定:

$$A_{sPCF} = A_s \times \frac{t_{PCF}}{t_{PCF} + t_{RC}} \quad (9.2.1)$$

式中 A_s —— 预制叠合剪力墙单位面积分布钢筋配筋量;
 A_{sPCF} —— 预制剪力墙板单位面积分布钢筋配筋量;
 t_{RC} —— 预制叠合剪力墙现浇部分厚度, 见图 9.1.17;
 t_{PCF} —— 预制剪力墙板厚度 (不含建筑饰面厚), 见图 9.1.16。

9.2.2 预制剪力墙板叠合筋由上弦筋、下弦筋及斜筋组成, 见图 9.2.2-1, PCF 板叠合筋应满足以下构造要求:

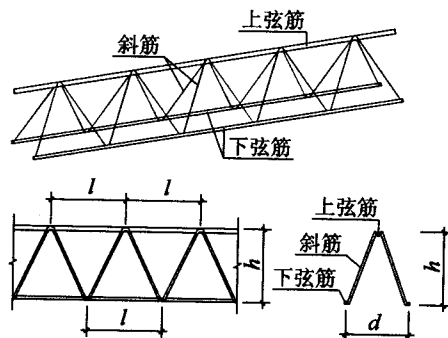


图 9.2.2-1 叠合筋组成

1 叠合筋上弦筋、下弦筋及斜筋的强度等级及直径应按计算确定并符合表 9.2.2-1 要求。当上弦筋、下弦筋兼作预制叠合剪力墙分布钢筋时, 其直径可与墙板分布钢筋直径保持一致, 但应同时满足表 9.2.2-1 要求。

表 9.2.2-1 上弦筋、下弦钢筋及斜筋强度等级及直径选用表

类别	钢筋强度等级	直径
上弦筋	HRB335、HRB400	$\geq 10\text{mm}$
下弦筋	HPB235、HRB335、HRB400	$\geq 6\text{mm}$
斜筋	HPB235、HRB335、HRB400	当 $70\text{mm} \leq h \leq 200\text{mm}$ 时, $\geq 6\text{mm}$ 当 $200\text{mm} < h \leq 240\text{mm}$ 时, $\geq 8\text{mm}$

注: h —— 叠合筋横断面高度, 见图 9.2.2-1。

2 叠合筋横断面适用高度 $70\text{mm} \leq h \leq 240\text{mm}$ 。叠合筋的横断面高度应保证预制剪力墙板安装就位后上弦筋内皮至预制剪力墙板内表面的最小距离不小于 20mm , 且应保证当预制剪力墙板和梁、柱相交时, 和梁、柱平行的上弦筋处于梁、柱箍筋的内侧。叠合筋横断面宽度 d 取值 $80\text{mm} \sim 100\text{mm}$ 。斜筋和上、下弦筋的焊接节点间距 l 取固定值 200mm 。叠合筋长度以 100mm 为模数, 上弦筋端部离板端距离不大于 50mm 。

3 预制剪力墙板叠合筋应双向配置, 见图 9.2.2-2, 其距板边距离及间距应满足表 9.2.2-2 要求。当预制剪力墙板和剪力墙边缘构件或楼层梁相交时, 应保证至少有一根叠合筋位于剪力墙边缘构件或楼层梁内。开洞预制剪力墙板洞口周边应至少设置一根与洞口边平行的叠合筋, 且叠合筋离洞口边距离不应大于 150mm , 此时叠合筋可兼作洞口加强筋。

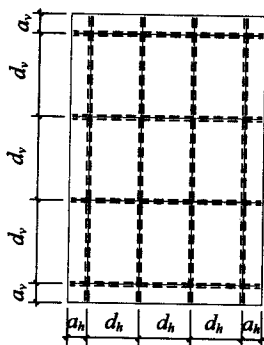


图 9.2.2-2 预制剪力墙板叠合筋的配置

表 9.2.2-2 预制剪力墙板叠合筋的配置间距

符 号	间距(mm)	备 注
a_h	200~250	水平边距
d_h	450~600	水平间距
a_v	200~250	垂直边距
d_v	600~900	垂直间距

9.2.3 预制剪力墙板安装时垂直拼缝宽宜控制在 10mm~25mm,水平拼缝宽宜控制在 20mm~30mm。拼缝处应在现浇部分紧贴预制剪力墙板内侧设置补强筋,见图 9.2.3-1 和图 9.2.3-2。补强筋是指沿预制剪力墙板竖向及水平拼缝放置用以增强接缝强度及叠合剪力墙整体性的短钢筋。单位长度配置的拼缝补强筋面积应不小于预制剪力墙板内对应范围内与补强筋平行的分布钢筋的面积。拼缝补强筋位置处于预制剪力墙板内侧和叠合筋上弦筋之间,跨缝布置,单侧长度不应小于 $30d$ (d 为补强筋直径)及《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)规定的剪力墙

分布钢筋搭接长度。

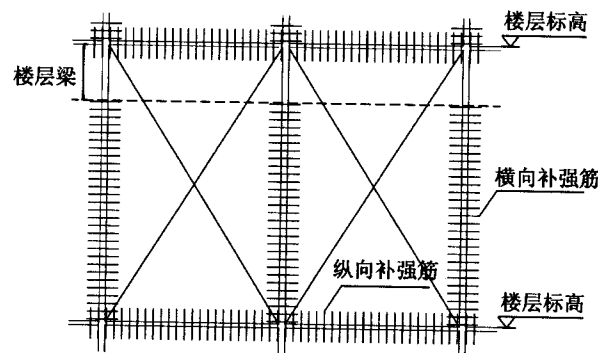


图 9.2.3-1 预制剪力墙板拼缝补强筋布置

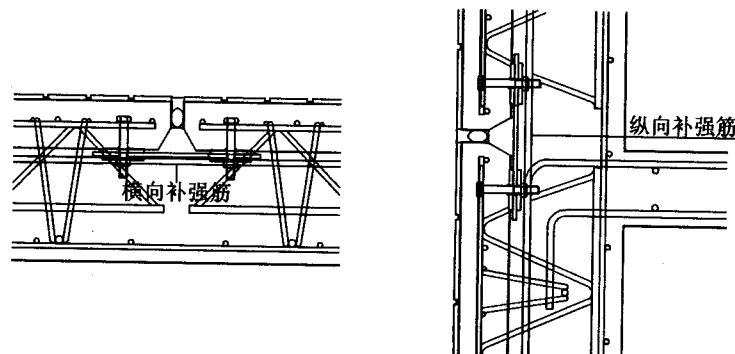


图 9.2.3-2 预制剪力墙板水平及垂直拼缝处补强筋设置

9.2.4 预制叠合剪力墙现浇部分厚度应不小于 120mm,当设置边缘构件及连梁时,不应小于 160mm。混凝土设计强度等级应和预制剪力墙板保持一致。现浇部分可根据板厚配置单层或多层双向钢筋网,配筋数量除应根据承载力要求计算确定外,尚应和预制剪力墙板内分布钢筋配筋水平保持一致。预制叠合剪力墙现浇部分单位面积配筋量宜满足式(9.2.4-1)或式(9.2.4-2)

计算要求。

$$A_{sj} \geq A_s \times \frac{t_{RC}}{t_{PCF} + t_{RC}} \quad (9.2.4-1)$$

$$A_{sj} \geq A_s - A_{sPCF} \quad (9.2.4-2)$$

式中 A_s —— 预制叠合剪力墙单位面积分布钢筋配筋量；

A_{sPCF} —— 预制剪力墙板单位面积分布钢筋配筋量；

A_{sj} —— 预制叠合剪力墙现浇部分单位面积分布钢筋配筋量；

t_{RC} —— 预制叠合剪力墙现浇部分厚度；

t_{PCF} —— 预制剪力墙板厚度(不含建筑饰面厚度)。

9.3 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计

9.3.1 预制剪力墙板作为预制叠合剪力墙的一部分除应满足本章 9.1、9.2 规定外,尚应按本节规定进行脱模、存放及施工设计。

9.3.2 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计应考虑脱模、存放、安装及现场浇筑混凝土四种荷载工况,各工况设计荷载取值如下:

1 预制剪力墙板脱模时,计算荷载取墙板自重+吸附力。

2 预制剪力墙板存放(含运输)时,计算荷载取墙板自重+冲击荷载,其中冲击荷载取墙板自重的 20%。

3 预制剪力墙板安装就位后、浇筑混凝土前计算荷载取作用在墙板上的风荷载。

4 现场浇筑混凝土时,计算荷载取混凝土浆料作用在预制剪力墙板上的侧压力。

9.3.3 预制剪力墙板截面承载力计算以单根叠合筋和钢筋混凝土板组成的等效组合梁为单元进行,见图 9.3.3-1。

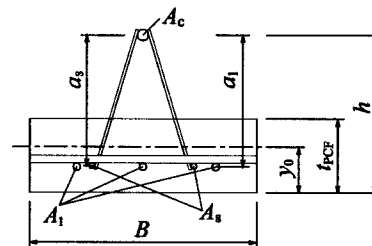


图 9.3.3-1 单根叠合筋形成的组合梁断面简图

1 预制剪力墙板混凝土开裂弯矩

1) 考虑叠合筋作用时的预制剪力墙板截面混凝土开裂弯矩 M_{cr} 。

单根叠合筋组成的组合梁混凝土开裂弯矩按式(9.3.3-1)

计算:

$$M_{cr} = W_0 \cdot f_t \quad (9.3.3-1)$$

式中 M_{cr} —— 预制剪力墙板开裂弯矩;

W_0 —— 等效组合梁截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩,计算方法见条文说明;

f_t —— 预制剪力墙板混凝土抗拉强度设计值。

2) 不考虑叠合筋作用时的截面混凝土开裂弯矩 M'_{cr} 。

不考虑叠合筋作用时的预制剪力墙板混凝土开裂弯矩按式(9.3.3-2)计算:

$$M'_{cr} = W \cdot f_t \quad (9.3.3-2)$$

式中 M'_{cr} —— 不考虑叠合筋作用时预制剪力墙板的混凝土开裂弯矩;

W —— 不考虑叠合筋时 1m 宽预制剪力墙板截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩;

f_t —— 预制剪力墙板混凝土抗拉强度设计值。

2 预制剪力墙板上弦筋屈服弯矩

预制剪力墙板上弦筋屈服弯矩按式(9.3.3-3)计算:

$$M_{ty} = \frac{1}{1.5} \cdot W_c \cdot f_{yk} \cdot \frac{1}{\alpha_E} \quad (9.3.3-3)$$

式中 M_{ty} —— 预制剪力墙板上弦筋屈服弯矩;

W_c —— 等效组合梁截面上弦筋受拉/受压弹性抵抗矩,计算方法见条文说明;

f_{yk} —— 上弦筋抗拉强度标准值;

α_E —— 钢筋与预制剪力墙板混凝土的弹性模量之比, $\alpha_E = E_s/E_c$;

3 预制剪力墙板上弦筋失稳弯矩

预制剪力墙板上弦筋失稳弯矩按式(9.3.3-4)计算:

$$M_{tc} = A_{sc} \cdot \sigma_{sc} \cdot h_s \quad (9.3.3-4)$$

式中 M_{tc} —— 预制剪力墙板上弦筋失稳弯矩;

A_{sc} —— 上弦筋面积;

h_s —— 下弦筋和上弦筋的形心距离;

σ_{sc} —— 上弦筋失稳应力(N/mm²),根据上弦筋长细比 λ 按式(9.3.3-5)计算:

$$\sigma_{sc} = \begin{cases} f_{yk} - \eta\lambda & (\lambda \leq 107) \\ \frac{\pi^2}{\lambda^2} \cdot E_s & (\lambda > 107) \end{cases} \quad (9.3.3-5)$$

式中 f_{yk} —— 上弦筋抗拉强度标准值(N/mm²);

η —— 长细比影响系数,对应于 HRB335 及 HRB400 级钢筋分别取 $\eta=1.5212$ 和 $\eta=2.1286$;

λ —— 上弦筋长细比, $\lambda = l/i_r$, 其中 l 为上弦筋焊接节点间距,取 $l=200\text{mm}$;

i_r —— 上弦筋截面回转半径;

E_s —— 钢筋弹性模量, $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 。

4 预制剪力墙板下弦筋及板内分布钢筋屈服弯矩

预制剪力墙板下弦筋及板内分布钢筋屈服弯矩按式(9.3.3-6)计算:

$$M_{cy} = \frac{1}{1.5} \cdot (A_1 \cdot f_{lyk} \cdot d_1 + A_s \cdot f_{syk} \cdot d_s) \quad (9.3.3-6)$$

式中 M_{cy} —— 预制剪力墙板下弦筋及板内分布钢筋屈服弯矩;

A_1 —— 与叠合筋平行的板内分布钢筋配筋面积;

A_s —— 下弦筋面积;

f_{lyk} —— 与叠合筋平行的板内分布钢筋抗拉强度标准值;

f_{syk} —— 下弦筋抗拉强度标准值;

d_s —— 下弦筋和上弦筋的形心距离;

d_1 —— 与叠合筋平行的板内分布钢筋形心到上弦筋形心的距离。

5 预制剪力墙板叠合筋斜筋失稳剪力

预制剪力墙板叠合筋斜筋失稳剪力按式(9.3.3-7)计算:

$$V = \frac{2}{1.5} N \sin \phi \sin \varphi \quad (9.3.3-7)$$

式中 V —— 预制剪力墙板叠合筋斜筋失稳剪力;

ϕ, φ —— 斜筋倾角,见图 9.3.3-2,其中 $\phi = \arctan(H/100)$, $\varphi = \arctan(2H/b'_0)$;

H —— 叠合筋外包高度;

b'_0 —— 下弦筋外包距离。

式(9.3.3-7)中 N 由式(9.3.3-8)和式(9.3.3-9)计算得到:

$$N = \sigma_{sr} \cdot A_f \quad (9.3.3-8)$$

式中 A_f —— 斜筋横截面积;

σ_{sr} ——斜筋应力,根据斜筋自由段长细比 λ 按式(9.3.3-9)计算:

$$\sigma_{sr} = \begin{cases} f_{yk} - \eta\lambda & (\lambda \leq 99) \\ \frac{\pi^2}{\lambda^2} \cdot E_s & (\lambda > 99) \end{cases} \quad (9.3.3-9)$$

式中 f_{yk} ——斜筋强度标准值(N/mm²);

η ——长细比影响系数,对应于 HPB235、HRB335 及 HRB400 级钢筋分别取 $\eta=0.3415$ 、 $\eta=1.3516$ 和 $\eta=2.0081$;

λ ——斜筋自由段长细比, $\lambda=0.7l_r/i_r$,其中 l_r 为斜筋自由段长度,见图 9.3.3-2, l_r 根据式(9.3.3-10)计算:

$$l_r = \sqrt{H^2 + \left(\frac{b'_0}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} - t_R / \sin\phi / \sin\phi \quad (9.3.3-10)$$

式中 t_R ——下弦筋下表面至预制剪力墙板内表面的距离,见图 9.3.3-2;

b'_0 ——下弦筋外包距离;

l ——斜筋焊接节点水平距离;

H ——叠合筋外包高度。

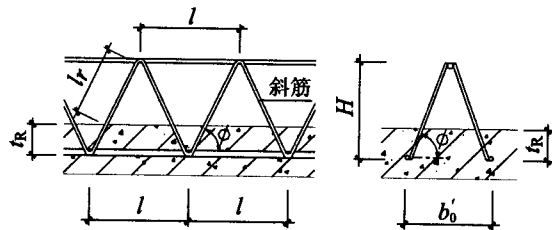


图 9.3.3-2 预制剪力墙板叠合筋斜筋失稳剪力计算
截面参数图示

9.3.4 预制剪力墙板脱模、存放、安装时应进行墙板混凝土开裂、上弦筋受拉屈服、上弦筋失稳、墙板分布钢筋屈服及斜筋失稳验算,验算结果应满足以下要求:

1 组合梁混凝土受拉弯矩小于考虑叠合筋作用时的开裂弯矩,即 $M_{\max} \leq M_{cr}$;

2 组合梁上弦筋受拉、受压弯矩小于上弦筋屈服弯矩,即 $M_{\max} \leq M_{fy}$;

3 组合梁上弦筋受压弯矩小于上弦筋失稳弯矩,即 $M_{\max} \leq M_{tc}$;

4 组合梁下弦筋及预制剪力墙板分布钢筋受拉、受压弯矩小于下弦筋屈服弯矩,即 $M_{\max} \leq M_{cy}$;

5 组合梁支座剪力小于斜筋失稳剪力,即 $V_{\max} \leq V$ 。

9.3.5 浇筑混凝土时拉接螺杆间距应保证预制剪力墙板在混凝土浆料侧压力作用下的弯矩小于不考虑叠合筋作用时墙板混凝土开裂弯矩,即 $M_{\max} \leq M'_{cr}$ 。

10 预制保温外墙设计

10.1 一般规定

10.1.1 为贯彻国家有关节约能源、保护环境的法规和政策,改善住宅建筑室内热环境,明确预制保温混凝土外墙的设计计算方法,特制定本章内容。

10.1.2 墙体保温分为内保温、外保温及夹芯保温三种形式。本规程预制保温外墙是指采用夹芯保温形式的预制墙体。本章内容适用于新建、扩建和改建住宅建筑中有关预制保温墙体及墙体连接件的设计计算。

10.1.3 执行本章内容时,尚应符合国家、行业 and 上海市现行有关标准的规定。

10.1.4 预制保温墙体的平均传热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$ 及热惰性指标(D)应满足《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)及《住宅建筑围护结构节能应用技术规程》(DG/TJ08—206)规定的节能设计要求。

10.1.5 预制保温墙体纤维增强塑料(FRP)连接件宜采用片状连接件,连接件应采用不规则截面,端部宜设计成带有锚固槽口的形式。实际工程中,宜优先采用在上海市有成熟应用经验的连接件。

10.2 墙体连接件设计

10.2.1 预制保温墙体的抗剪连接件一般采用片状纤维增强塑料(FRP)连接件,连接件由连接板和套环组成。当有可靠依据

时,也可采用其它类型连接件。

10.2.2 纤维增强塑料(FRP)连接件宜采用拉挤成型工艺制作,连接件纤维体积含量不宜低于40%,沿连接件平面层间剪切强度不宜低于 $40N/mm^2$ 。

10.2.3 单个连接件的抗拔承载力与抗剪承载力设计值应根据试验确定。在剪力作用下连接件两端的相对滑移可根据材料力学公式计算,计算中应同时考虑连接件的剪切与弯曲变形。

10.3 墙体设计

10.3.1 预制保温墙体应按围护结构进行设计。预制保温墙体属于自承重构件,墙体外挂(或填充)于主体结构之上,在进行结构设计计算时,不考虑分担主体结构所承受的荷载和作用,只考虑承受直接施加于其上的荷载与作用。

10.3.2 预制保温墙体应具有足够的承载能力、刚度和稳定性。墙体与结构主体部位之间应有可靠的连接措施。

10.3.3 预制保温墙体设计计算时应考虑墙体由于室内外温度而产生的“热弯曲”效应和混凝土收缩徐变对墙体的影响。

10.3.4 预制保温墙体结构设计应计算下列作用效应:

- 1 非抗震设计时,应计算重力荷载和风荷载效应;
- 2 抗震设计时,应计算重力荷载、风荷载和地震作用效应。

10.3.5 预制保温墙体构件应按各效应组合中的最不利组合进行设计。

10.3.6 墙体按下列规定计算承载力和挠度:

- 1 无地震作用效应组合时,承载力应符合下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (10.3.6-1)$$

- 2 有地震作用效应组合时,承载力应符合下式要求:

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad (10.3.6-2)$$

式中 S —— 构件抗力设计值;

γ_0 —— 结构构件重要性系数,应取不小于 1.0,具体取值参考《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9);

γ_{RE} —— 结构构件承载力抗震调整系数,取 1.0。

3 挠度应符合下式要求:

$$U_f \leq U_{f,lim} \quad (10.3.6-3)$$

式中 U_f —— 由荷载或作用标准值产生的挠度;

$U_{f,lim}$ —— 墙体挠度限值。

10.3.7 荷载或作用的分项系数应按下列规定采用:

1 进行墙体承载力计算时:

重力荷载分项系数 $\gamma_G = 1.2$

风荷载分项系数 $\gamma_w = 1.4$

地震作用分项系数 $\gamma_E = 1.3$

2 进行墙体挠度计算时:

重力荷载分项系数 $\gamma_G = 1.0$

风荷载分项系数 $\gamma_w = 1.0$

地震作用分项系数 $\gamma_E = 1.0$

10.3.8 当两个及以上可变荷载或作用(风荷载、地震荷载和温度作用)效应参加组合时,第一个可变荷载的组合系数应按 1.0 采用;第二个可变荷载组合系数按 0.6 采用;第三个可变荷载组合系数可按 0.2 采用。

10.3.9 结构设计时,应根据构件的受力特点、荷载或作用的情况和产生的内力作用方向,选用最不利的组合,应按下式采用:

$$\gamma_G S_G + \gamma_w \varphi_w S_w + \gamma_E \varphi_E S_E \quad (10.3.9)$$

10.3.10 进行挠度计算时,均采用荷载标准值并按下列方式进

行组合:

$$U = U_{GK} + U_{WK} + 0.6U_{EK} \text{ 或 } U = U_{WK} + 0.6U_{EK} \quad (10.3.10)$$

式中 U_{GK} 、 U_{WK} 、 U_{EK} —— 分别为重力荷载、风荷载和地震作用标准值产生的挠度。

10.3.11 作用于墙体风荷载标准值、水平地震作用标准值按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009)进行计算。

10.3.12 预制保温墙体在风荷载、地震等作用下的极限承载力应根据相应的试验确定,墙体支撑条件为四边简支,试验方法参照《混凝土结构试验方法标准》(GB 50152)。墙体的挠度按弹性方法计算,开裂后墙体的抗弯刚度计算时不考虑下层墙板中混凝土的作用。

10.4 构造要求

10.4.1 预制保温墙体由内外层混凝土墙板、板内纵横向受力钢筋、聚苯板(EPS 或 XPS)保温层及纤维增强塑料(FRP)连接件组成,如图 10.4.1 所示。

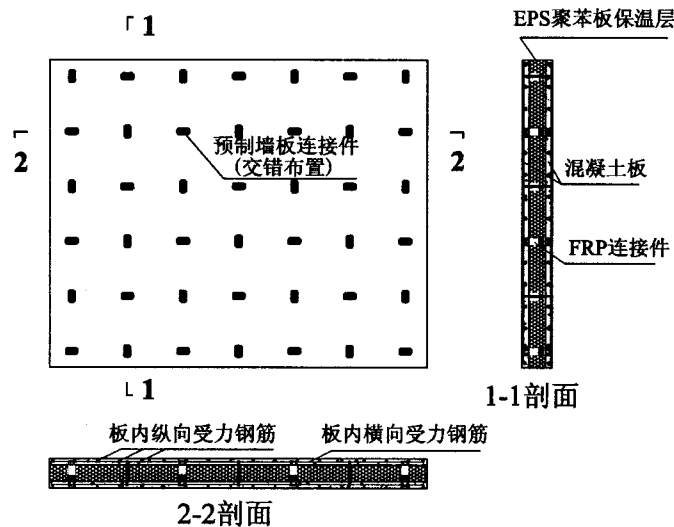


图 10.4.1 预制保温墙体构造图

10.4.2 对于在不同方向的力作用下受力性能不同的纤维增强塑料(FRP)片状连接件,宜采用纵横交替设置,布置间距范围为400mm~1000mm。

10.4.3 预制保温墙体内层混凝土板厚度一般不小于50mm,外层混凝土板厚度一般不小于60mm,保温层厚度一般为30mm~50mm。同时墙板及保温层的厚度还应满足墙体在起吊、安装、使用过程中的受力性能要求以及墙体热工性能标准。

10.4.4 为确保墙体的抗火性能,连接件一端距墙体表面距离不宜小于25mm;连接件端部在混凝土板中的单侧锚固长度不宜小于30mm,以保证连接件在墙体中的锚固性能。

10.4.5 为保证墙体连接部位的保温效果,防止外部雨水渗入墙体内部,墙体之间应设置防水型聚苯乙烯棒条及结构密封材料。

附录 A 预制多螺箍框架柱设计

A.1 一般规定

A.1.1 一次成型的预制柱总长不宜大于14m。

A.1.2 预制多螺箍框架柱制作所使用的材料除以下指明外应符合本规程第3章的规定:

1 套筒式连接器材质须符合《球墨铸铁件》(GB 1348)中有关QT600-3的规定,其中抗拉强度不小于 600N/mm^2 ,伸长率不小于3%,球化率不小于85%。

2 灌注套筒用无收缩连接砂浆参数:

1) 流度: $0^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ 时的流度值介于180mm~300mm;

2) 膨胀率: 尺寸 $50\text{mm}\times 100\text{mm}$ 圆柱试块的膨胀率应在0%~0.5%之间;

3) 强度等级: $21^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ 时 $70.7\text{mm}\times 70.7\text{mm}\times 70.7\text{mm}$ 标准养护试块的24h龄期抗压强度应大于 35N/mm^2 、28天龄期抗压强度应大于 85N/mm^2 ,施工环境在 $0^\circ\text{C}\sim 10^\circ\text{C}$ 宜采用低温配方产品。

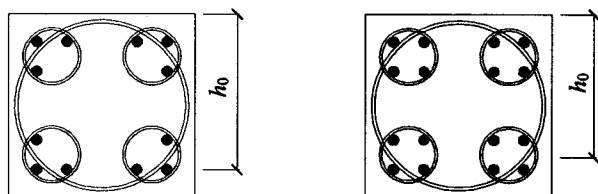
A.1.3 全预制装配式框架结构设计的基本要求应符合第6章的规定。

A.1.4 预制多螺箍框架柱与框架梁的节点设计应符合第8章的规定。

A.2 设计补充规定

A.2.1 预制多螺箍柱钢筋保护层厚度应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的有关规定。

A.2.2 预制多螺箍柱进行正截面抗弯承载力设计时,截面有效高度的取值应由截面中主筋的实际摆放位置确定,见图 A2.2-1。



(1) 形式例一

(2) 形式例二

图 A.2.2-1 预制多螺箍柱的截面有效高度

A.2.3 预制多螺箍柱进行斜截面抗剪承载力设计时,不考虑小螺箍的抗剪强度。

A.2.4 预制多螺箍柱箍筋设计参数选取:

1 箍筋(包括大螺箍与小螺箍)在加密区的体积配箍率应符合下式

$$\rho_v \geq \lambda_v f_c / f_{yv} \quad (\text{A.2.4-1})$$

其中 λ_v ——为最小配箍特征值,由《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)中的有关规定确定;

2 大小螺箍之体积配箍率可依下列公式计算

$$\rho_v = 4A_{sp} / dD_c \quad (\text{A.2.4-2})$$

其中 A_{sp} ——大(小)螺箍箍筋截面积;

d ——大(小)螺箍箍筋直径;

D_c ——大(小)螺箍螺圈直径。

A.3 预制多螺箍框架柱构造要求

A.3.1 预制多螺箍柱的截面形状宜采取正方形或矩形,边长不宜小于 600mm。

A.3.2 预制多螺箍柱主筋连接采用配套的套筒连接器,主筋的连接位置可以在同一断面。

A.3.3 柱箍筋采用多螺箍筋设计,螺箍筋端部应做锚固处理,90°弯钩向螺箍圆心或者多绕 1.5 圈。

A.3.4 预制柱纵向钢筋间距小于《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)规定的间距要求时,可以布设构造钢筋,构造钢筋直径不宜小于 12mm 或主筋直径的 1/3,构造钢筋的端部距预制混凝土表面不得少于 40mm,且不必伸入梁柱节点内。

A.3.5 预制柱采用套筒连接器作为主筋连接接头,相邻套筒的间距宜取大于 20mm 或混凝土粗骨料最大直径中的较大值,套筒区的箍筋间距不宜大于 90mm。

本规程用词用语说明

1 为了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,非这样做不可的用词:

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用词:

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,在条件许可时首先这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010)
- 2 《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068)
- 3 《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083)
- 4 《建筑结构荷载规范》(GB 50009)
- 5 《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300)
- 6 《建筑工程施工质量评价标准》(GB/T 50375)
- 7 《碳素结构钢》(GB/T 700)
- 8 《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)
- 9 《碳钢焊条》(GB/T 5117)
- 10 《低合金钢焊条》(GB/T 5118)
- 11 《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957)
- 12 《气体保护焊用钢丝》(GB/T 14958)
- 13 《六角头螺栓——A 和 B 级》(GB 5782)
- 14 《六角头螺栓——C 级》(GB 5780)
- 15 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB 3632—3633)
- 16 《钢结构设计规范》(GB 50017)
- 17 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596)
- 18 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)
- 19 《建筑抗震设计规范》(GB 50011)
- 20 《球墨铸铁件》(GB 1348)
- 21 《住宅建筑规范》(GB 50368)
- 22 《住宅设计规范》(GB 50096)

- 23 《住宅性能评定技术标准》(GB/T 50362) (2007)
- 24 《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222)
- 25 《住宅建筑模数协调标准》(GB/T 50100)
- 26 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325)
- 27 《民用建筑设计通则》(GB 50352)
- 28 《城市区域环境噪声标准》(GB 3096)
- 29 《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)
- 30 《建筑给水排水设计规范》(GB 50019)
- 31 《城镇燃气设计规范》(GB 50028)
- 32 《建筑采暖、通风和空气调节设计规范》(GB 50019)
- 33 《建筑设计防火规范》(GB 50016)
- 34 《建筑采光设计标准》(GB/T 50033)
- 35 《建筑照明设计标准》(GB 50034)
- 36 《钢结构高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》(GB/T 1228—1231)
- 37 《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》(JGJ 52)
- 38 《混凝土用水标准》(JGJ 63)
- 39 《建筑防水涂料用聚合物乳液》(JC/T 1017)
- 40 《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)
- 41 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)
- 42 《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—给水排水》(2007)
- 43 《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—暖通空调·动力》(2007)
- 44 《民用建筑电气设计标准》(JGJ 16)
- 45 《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—电气》
- 46 《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)
- 47 《住宅建筑围护结构节能应用技术规程》(DG/TJ08—206)
- 48 《住宅设计标准》(DGJ08—20)
- 49 《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08—205)
- 50 《城市煤气、天然气管道工程技术规程》(DGJ08—10)

上海市工程建设规范

装配整体式混凝土住宅体系
设计规程

DG/TJ08-2071-2010

条文说明

2010 上海

目 次

1 总 则	(109)	5.2 承载力极限状态计算规定	(135)
2 术语和符号	(110)	5.3 正常使用极限状态验算规定	(135)
2.1 术 语	(110)	5.4 装配整体式混凝土框架结构分析	(135)
2.2 符 号	(110)	6 叠合式受弯构件设计	(137)
3 材 料	(111)	6.1 一般规定	(137)
3.1 混凝土	(111)	6.2 正截面受弯承载力设计	(138)
3.2 钢材与钢筋	(112)	6.3 斜截面承载力设计	(138)
3.3 保温材料	(114)	6.4 叠合面水平受剪承载力设计	(138)
3.4 防水材料	(115)	6.5 裂缝宽度验算	(139)
3.5 其他材料	(115)	6.6 正常使用极限状态下的挠度验算	(139)
4 建筑设计	(116)	6.7 构造要求	(140)
4.1 一般规定	(116)	7 装配整体式混凝土框架节点设计	(141)
4.2 建筑模数	(119)	7.1 一般规定	(141)
4.3 套型设计	(120)	7.2 构造要求	(141)
4.4 预制构配件设计与应用	(121)	7.3 承载力计算	(152)
4.5 室内装修	(124)	8 连接设计	(154)
4.6 室内环境	(124)	8.1 一般规定	(154)
4.7 建筑设备	(129)	8.2 梁梁连接	(155)
5 结构设计基本要求	(133)	8.3 柱柱连接	(155)
5.1 一般规定	(133)	9 预制叠合剪力墙设计	(161)
		9.1 一般规定	(161)
		9.2 构造要求	(166)
		9.3 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计	(169)

10	预制保温外墙设计	(182)
10.1	一般规定	(182)
10.2	墙体连接件设计	(182)
10.3	墙体设计	(183)
10.4	构造要求	(183)
附录 A	预制多螺箍框架柱设计	(184)
A.1	一般规定	(184)
A.2	设计补充规定	(185)
A.3	构造要求	(185)

Contents

1	General provisions	(109)
2	Terms and symbols	(110)
2.1	Terms	(110)
2.2	Symbols	(110)
3	Materials	(111)
3.1	Concrete	(111)
3.2	Steel	(112)
3.3	Insulation materials	(114)
3.4	Waterproofing materials	(115)
3.5	Other materials	(115)
4	Architectural design	(116)
4.1	General requirements	(116)
4.2	Architectural module	(119)
4.3	Layout design	(120)
4.4	Design and application of precast components	(121)
4.5	Interior finish	(124)
4.6	Indoor environment	(124)
4.7	Building services	(129)
5	Basic rules of structural design	(133)
5.1	General requirements	(133)
5.2	Rules of calculation for ultimate limit state	(135)

5.3	Rules of verification for serviceability limit state	(135)
5.4	Analysis of assembled monolithic concrete frame structures	(135)
6	Design of superposed reinforced concrete flexural members	(137)
6.1	General requirements	(137)
6.2	Design of flexural capacity for normal section	(138)
6.3	Design of shear capacity for oblique section	(138)
6.4	Design of horizontal shear capacity for composite section	(138)
6.5	Verification of crack width	(139)
6.6	Verification of deflection for serviceability limit state	(139)
6.7	Detailing requirements	(140)
7	Design of assembled monolithic concrete frame joints	(141)
7.1	General requirements	(141)
7.2	Detailing requirements	(141)
7.3	Capacity calculation	(152)
8	Connection design	(154)
8.1	General requirements	(154)
8.2	Beam-to-beam connections	(155)
8.3	Column-to-column connections	(155)
9	Design of precast composite shear walls	(161)
9.1	General requirements	(161)

9.2	Detailing requirements	(166)
9.3	Design of demoulding, placement and construction	(169)
10	Design of precast insulation composite walls	(182)
10.1	General requirements	(182)
10.2	Design of wall connectors	(182)
10.3	Wall design	(183)
10.4	Detailing requirements	(183)
Appendix A	Design of precast frame columns with multi- spiral hoops	(184)
A.1	General requirements	(184)
A.2	Additional requirements for design	(185)
A.3	Detailing requirements	(185)

1 总 则

1.0.2~1.0.3 本规范适用于上海地区的装配整体式混凝土住宅体系的设计。由于现有的住宅设计规范相对比较系统,故本规程的编制基本与现有国家标准、地方规程相衔接。

2 术语和符号

2.1 术 语

术语主要是根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010),并结合本规程中的内容给出。

2.2 符 号

符号主要根据《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083)、《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ 132)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009)等给出的。

3 材 料

3.1 混凝土

3.1.1 本规范的混凝土标准试件尺寸和强度标准值取值,与国际接轨。混凝土强度等级是以边长为 150mm 立方体试件的抗压强度标准值确定,试件养护至 28d 龄期,以标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度(以 N/mm^2 计)。

本条内容与《混凝土结构设计规范》(GB 50010)相一致,规定结构构件的混凝土强度等级可采用 C20~C80,中间以 $5\text{N}/\text{mm}^2$ 进级。C50 及以上的高强混凝土可用常规水泥、砂石料和常规工艺配制,具有高强、早强、工作度良好、变形小、抗渗抗腐蚀性能优良等特点;能大幅度提高结构构件的承载能力,减小尺寸和自重,加快施工进度,可获重大经济效益。近年来,我国 C50 混凝土已较普遍使用,根据我国目前基建的发展趋势,高强的混凝土将成为更广泛应用的建筑材料。

3.1.2 本条是装配整体式住宅体系受力构件下限混凝土选用的规定,沿用《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定,并略有提高。

3.1.3 本条给出了混凝土强度的标准值和设计值,沿用《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定。

3.1.4 本条规定的混凝土弹性模量是按下列公式计算得到的:

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.74}{f_{cu,k}}} (\text{N}/\text{mm}^2)$$

该公式也适用于 C60 及以上混凝土。

3.1.5 混凝土剪变模量 G_c 和混凝土泊松比(横向变形系数) ν_c 国内外规范采用的大体相同。本规范参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010) $G_c = 0.4E_c$, $\nu_c = 0.2$ 。

3.2 钢材与钢筋

3.2.1 装配整体式住宅体系的钢材选用标准,主要依据近年修订和颁布的《钢结构设计规范》(GB 50017)、《碳素结构钢》(GB/T 700)和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)的规定提出。

3.2.2 《钢结构设计规范》(GB 50017)规定,承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量合格的保证。对焊接结构尚应保证碳含量的合格保证。承重结构的钢材,必要时尚应具有冷弯试验的合格保证。

钢材另一重要的基本要求,即碳含量将直接影响钢材的焊接性能。碳的含量宜控制在 $0.12\% \sim 0.2\%$ 之间,超出该范围的幅度愈大,焊接性能变差的程度愈大。因此,对焊接承重结构尚应具有碳含量的合格保证。

3.2.3 装配整体式住宅所用钢材的性能,应满足较高的延性要求。

3.2.4 对外露承重结构,应根据使用环境(包括气温、介质等)参照有关标准选择相应钢种及其配套涂层材料。

3.2.5 本条为钢材的连接材料要求,沿用《钢结构设计规范》(GB 50017)的有关规定。

手工焊接时焊条型号中关于药皮类型的确定,应按结构的受力情况和重要性区别对待。需要验算疲劳的结构,为减少焊缝金属中的含氢防止冷裂纹,并使焊缝金属脱硫减小形成热裂纹的倾向,以综合提高焊缝的质量,应采用低氢型碱性焊条;对其他结构

可采用普通焊条。

自动焊或半自动焊所采用的焊丝和焊剂应符合设计对焊缝金属力学性能的要求。我国已陆续颁布了焊丝和焊剂的《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957)、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢钢焊丝》(GB/T 8110)、《碳钢药芯焊丝》(GB/T 10045)、《低合金钢药芯焊丝》(GB/T 17493)、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》(GB/T 5293)、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T 12470)等。因此,应按上述国家标准来选用焊丝和焊剂的型号。

3.2.6 沿用《钢结构设计规范》(GB 50017)。按现行国家标准,大六角头高强度螺栓的规格为 M12~M30,其性能等级分为 8.8 级和 10.9 级,8.8 级高强度螺栓推荐采用的钢号为 40B 钢、45 号钢,10.9 级高强度螺栓推荐采用的钢号为 20MnTiB 钢;扭剪型高强度螺栓的规格为 M12~M30,其性能等级只有 10.9 级,推荐采用的钢号为 20MnTiB 钢。

3.2.7 本条选用的钢筋品种主要来自最近颁布的国家标准,沿用《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定,有以下几点说明:

光圆钢筋 HPB235 摘自《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB 13013);带肋钢筋 HRB335、HRB400 和 RRB400 摘自《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014)。HPB235 为光圆钢筋强度等级代号,其牌号为 Q235,钢筋级别为 I 级,公称直径 $d=8\text{mm}\sim 20\text{mm}$,以偶数 2mm 递增;HRB335、HRB400 为钢筋牌号,其中尾部数字为强度等级,HRB335 相当于原标准 II 级钢筋,HRB400 相当于原标准 III 级钢筋,该钢筋公称直径 $d=6\text{mm}\sim 50\text{mm}$,其中 $d=22\text{mm}$ 以下以 2mm 递减, $d=22\text{mm}$ 以上为 25、28、32、36、40、50mm;RRB400 为

余热处理钢筋的强度等级代号,钢筋级别 III 级,公称直径 $d=8\text{mm}\sim 40\text{mm}$,尺寸进级情况与 HRB 相同。

为了便于设计应用,现将上述钢筋的公称截面面积和公称质量列于表 3-1。

表 3-1 钢筋的公称截面面积和公称质量

公称直径(mm)	截面面积(mm ²)	单根钢筋公称质量(kg/m)
6	28.27	0.222
8	50.27	0.395
10	78.54	0.617
12	113.10	0.888
14	153.90	1.210
16	201.10	1.580
18	254.50	2.000
20	314.20	2.470
22	318.10	2.980
25	490.90	3.850
28	615.80	4.830
32	804.20	6.310
36	1018.00	7.990
40	1257.00	9.870
50	1964.0	15.420

3.2.8~3.2.10 主要包括钢筋的性能指标,沿用《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定。

3.3 保温材料

本节所选用的保温材料根据装配整体式住宅特点,沿用现行相关标准的有关规定。

3.4 防水材料

本节所选用的防水材料沿用《地下工程防水技术规范》(GB 50108)。

3.5 其他材料

其他材料的选用应符合相关国家标准、行业标准、或地方标准。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 本条强调了装配整体式住宅建筑设计必须执行国家和上海市现行的政策和法规,全面体现以人为本、可持续发展和节能、节地、节水、节材的设计指导思想。安全、适用、经济、美观是国家对住宅建设提出的一贯的方针政策,建筑设计过程中应全面理解和贯彻安全、适用、经济、美观的方针,确保住宅建筑工程质量,并符合环保的要求,以体现装配整体式工业化建筑的优越性,促进住宅产业化发展。

装配整体式混凝土住宅建筑设计除了满足一般居住者的使用要求外,还应满足老年人和残疾人的特殊使用要求。增强对老年人、残疾人的关怀是社会文明程度提高的表现,也是建筑师的社会责任。

4.1.2 在住宅小区规划布局方面,装配整体式混凝土住宅设计应满足城市规划的要求,在标准化系列化设计的同时,结合总体布局和立面色彩、细部处理等方面丰富造型及空间。并应符合有关的技术规定,如上海市 2003 年 12 月 1 日起施行的《上海市城市规划管理技术规定》(土地使用、建筑管理)及其他相关规定。

同时,针对装配整体式混凝土住宅建筑的特点,建筑设计还应符合国家颁布的有关住宅性能评定技术标准,分别满足住宅的适用性能、环境性能、经济性能、安全性能及耐久性能等方面的技术标准与要求,以此改善和提高装配整体式混凝土住宅的功能与质量,推动和提高我国住宅产业化的前导作用。

4.1.3 装配整体式混凝土住宅宜采用大开间形式,平面布局可灵活分隔,满足多样化使用功能;立面造型与细部饰面装修简洁大方,充分体现装配整体式混凝土住宅建筑立面造型与特色。

4.1.4 在装配整体式混凝土住宅建筑设计中,房屋由传统的现场“建造”模式改为工厂“制造”,以此取代传统建筑业中分散的、低水平、低效率的手工业生产方式,提高装配整体式住宅建筑的功效,安全质量有保障。为适应建筑工业化的发展模式,针对装配整体式住宅建筑设计精细化的特点,强调建筑设计应采用模数化、标准化、系列化的设计方法,对所设计的装配整体式住宅工程项目应详细编制建筑设计、构配件制作和施工安装的成套设计文件,全面提高建筑工业化和标准化的整体水平。

4.1.5 装配整体式住宅建筑是建造房屋用的各类构配件制品,如同工厂制造的产品一样,用工业化方法生产,然后运到现场进行安装。装配整体式建筑的主要优点是生产效率高,构件质量好,施工速度快,自重轻,抗震性能好,现场湿作业少,受季节性影响小和减少环境污染。采用工厂化预制生产的方式,可以取得较好的工程质量和效果。

随着住宅的商品化、市场化,住宅设计越来越多样化,作为装配整体式住宅建筑,应积极采用工厂化生产的各类预制构配件,注意加强标准化和多样化的工作,充分发挥装配整体式住宅建筑的优势。

同时,因地制宜地积极采用各种新材料、新结构和新技术,并通过新技术集成与优化,提升工业化住宅建筑整体设计水平和建造质量。

4.1.6 在设计和选用装配整体式住宅结构体系时,宜注意柱网(和剪力墙)的合理布置;构配件制品的规格、类型、尺寸要求统一

灵活,方便生产,有利于运输和装配,又要能适应建筑设计中多种功能和多样化的要求,以及为今后改造创造条件。在选用材料时力求高效、轻质、环保与节能,尽可能地利用当地的工农业废料,有利于环境保护。

针对装配整体式住宅体系的特点,层高宜采用 2.80m,以有利于空间的有效利用和构件标准化及降低造价。

4.1.7 装配整体式住宅应严格按照建筑模数制要求进行设计。设计强调建筑模数制的目的,在于使工业化住宅的各类部品、构件能做到标准化、系列化,尺寸协调,互换通用,便于工厂统一加工,从而降低建造成本。

4.1.8 装配整体式住宅设计除应执行本标准外,尚应符合国家和本市现行有关强制性标准的规定。2000 年 4 月,国家颁布了《中华人民共和国工程建设标准强制性条文(房屋建筑部分)》;2005 年 11 月,国家颁布了《住宅建筑规范》(GB50368)全文强制性规范,对这些规定以及《住宅设计规范》(GB50096)中的强制性条文,装配整体式住宅设计时均应严格执行。此外,2005 年 11 月,中华人民共和国建设部颁布了《关于发布〈全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇 建筑〉的通知》(建质[2006]277 号文),重在指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计,以及上海市工程建设标准《住宅设计标准》(DGJ08-20)、《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08-205)等强制性设计条文的规定。与上述提及的各类标准相比,本标准的强制性条文有增有减。个别条文鉴于已在住宅设计中得到普遍贯彻,本标准不再纳入强制性条文,但并不意味着不执行。由于本标准是根据钢筋混凝土装配整体式住宅建筑的特点,并结合上海市地方的具体情况对国家有关标准的深化和具体化,因此在执行时,如果本标准有明确规定的,按本

标准执行;本标准无明确规定或规定不具体时,应按国家有关标准执行。当本标准条文中明确规定应符合国家或地方某项标准的规定时,则应按该标准执行。

4.2 建筑模数

我国目前提出的住宅产业化,实际上就是以提高生产效能,提升住宅产品的品质性能为目标,促进设计标准化、产品定型化,进而形成工厂化预制、现场装配的住宅建造模式。实现住宅产业化必须走工业化、标准化和集约化的道路。没有标准化,就没有真正意义上的建筑工业化;而建筑设计缺失了建筑模数化和系统的尺寸协调,就不可能实现标准化。因此,装配整体式住宅设计应认真贯彻建筑统一模数制,定出合理的设计参数,以保证装配整体式住宅建设过程中,在功能、质量和经济效益方面获得优化,提升我国工业化住宅的整体建造水平。

4.2.1 模数协调的目的在于减少预制构配件的规格和尺寸,为设计人员提供较多的自由度。针对装配整体式住宅的特点,建筑设计应符合《住宅建筑模数协调标准》(GB/T 50100),宜采用基本模数或扩大模数的设计方法,以实现构配件尺寸的协调。

4.2.2 通过模数数列可以调整装配整体式住宅与构配件的尺寸关系,达到优化构配件的尺寸与种类的目的;预制构配件在组合时,能明确各类构配件的实际尺寸与位置,使装配整体式建筑在设计、制造与安装等各个环节配合趋于更加合理和简单化,以此真正体现装配整体式住宅设计的精细化、高效率和经济性。

4.2.3 本条是根据国内墙体改革的实际情况,普遍推广各类砌块墙体,墙厚一般为 200mm,钢筋混凝土墙厚一般也都用 200mm;以及国内在住宅设计中也常有使用 2M 的参数;并借鉴

荷兰 SAR 住宅体系使用 1M+2M 的模数网格做法。因此,结合装配整体式住宅建筑的特点,建议设计采用 2M+3M(或 1M、2M、3M)灵活组合的模数网格。这样在满足住宅建筑平面功能布局灵活性的同时,也能达到模数网格的协调。

4.2.4 装配整体式住宅建筑的平面布局可以通过模数网格来表示,其主体结构可通过基准面定位,在模数网格与主体结构构件尺寸之间可采取灵活叠加的方式设置。

4.2.5 框架结构装配整体式住宅建筑一般也可采用中心线定位法,包括框架结构柱子间设置的分户或分室隔墙的定位。当隔墙的一侧或两侧需要以模数空间形式时,宜采用界面定位法。

4.3 套型设计

4.3.1 装配整体式住宅应按套型设计,每套住宅内至少应包含卧室、起居室、厨房、卫生间、以及储藏空间、阳台等基本空间。套内各房间的大小,应参照国家和上海地区有关住宅设计规范。

4.3.2 装配整体式住宅设计的套型标准一般应以中、小套为主。各套型内的可分居住空间数应符合相关规定。

4.3.3 装配整体式住宅的套型设计,包括套型平面内各基本间、各类预制构配件、连接构造以及各类设备管线等,均宜纳入标准化和系列化体系范围内。设计以较少的规格类型,通过多种组合的形式,满足住宅多样化的使用要求,同时便于工厂集约化生产加工,提高工程质量,并降低造价。

4.3.4 住宅中的厨房与卫生间历来是住宅设计关注的重点,装配整体式住宅更是如此。对于厨房与卫生间平面布局不仅要求功能分区合理,且符合模数制要求;同时还要考虑厨房与卫生间内使用的配套设备与橱柜产品以及管线等合理布置。设计宜优

先采用预制卫生盒子间和工厂化加工的标准化的橱、柜一体化产品,以提高住宅工业化的程度。

4.3.5 装配整体式住宅建筑公共部位的设计,应体现其简洁大方的特点,并符合国家和上海市有关住宅设计规范的规定与要求。

4.4 预制构配件设计与应用

4.4.1 装配整体式住宅主要采用工厂化生产的预制构件,其预制比率的高低,在一定程度上也反映出装配整体式住宅产业化的程度。发展住宅产业化不可能一蹴而就,需要有个过程。在工业发达国家,装配整体式住宅的预制率已达到80%以上。由于我国建筑工业化目前尚处于起步发展阶段,要求过高也难以实现。因此,从国情出发,应该允许部分现浇、部分预制的装配整体式建造方式。

4.4.2 装配整体式住宅中的厨房、卫生间由于涉及到上、下水管及防水方面的要求,因此一般宜采用现浇钢筋混凝土楼板;当卫生间设计同层排水系统时,宜采用降板(或后排式)构造形式;而卧室、起居室宜采用工艺技术较成熟的装配整体式钢筋混凝土叠合楼板的构造形式。

上海地区气候特点:雨水多,梅雨期长,且地下水位较高,底层住宅卧室、起居室及书房等的地面较潮湿,室内的家具、衣物及装饰等易霉变损坏,因此建筑设计应采取防潮措施。

装配整体式住宅底层厨房、卫生间、楼梯间往往是燃气管道进户通过处,采用回填土夯实后浇筑混凝土地坪,是为防止因燃气泄漏积聚易发生爆炸危及居民的生命财产。以上房间均不得使用架空板。

此外,当燃气引入管立管相邻或贴邻的房间,应采取相应措施,防止地面以下空间因燃气积聚而发生爆炸,危及居民的生命财产。具体构造措施可参照《住宅设计标准》(DGJ08—20)的规定。

4.4.3~4.4.4 预制外墙板是装配整体式住宅中功能与技术最复杂的构件。作为外墙板既要具有良好的力学、耐候、抗风雨性能,又要具有良好的保温隔热性能,因此设计要全部满足预制外墙板的各项性能与技术要求难度确实很大。

首先,预制外墙板的尺度应符合建筑模数制要求;外墙板的外饰面和门窗框应统一在工厂里完成。其次,针对住宅围护结构节能要求,预制外墙板的热工设计应符合国家和上海现行住宅建筑节能标准。

预制外墙板保温隔热构造形式多样,设计宜优先采用预制夹芯复合外墙板构造形式。预制夹芯复合外墙板的厚度和混凝土强度等级可根据抗震、保温、防水等建筑要求确定。

装配整体式住宅中的现浇钢筋混凝土剪力墙宜采用现场内敷保温板材的构造做法。针对上海地区夏季经常遭遇台风和暴雨侵袭及高层住宅数量多的特殊情况,外墙内保温的构造做法还是比较适合本地区的特点,同时对居民习惯间歇使用空调制冷或采暖也是有利的。因此建筑设计应特别重视对装配整体式高层住宅外墙保温隔热构造技术的研究,确保工程质量。

针对装配整体式住宅体系围护结构工厂化生产的特点,为简化预制外墙板构件并满足热工设计要求,住宅外窗不宜采用凸窗台的做法。

4.4.5~4.4.6 装配整体式住宅外墙板各部位的防水接缝细部构造设计应满足结构、热工、防排水、防火及建筑立面装饰等要

求。节点、接缝的设计宜构造简单,受力明确,施工方便并保证接缝满足建筑保温、防排水和隔声等物理性能的要求。

4.4.7~4.4.9 建筑设计应格外重视预制外墙板的接缝防排水细部构造设计,这部分构造设计内容除了预制外墙板本身的水平缝、竖缝和十字缝接缝外,还包括女儿墙、阳台、空调板、勒脚等处的防水接缝构造以及门窗洞口等部位均应作防排水处理。

预制外墙板板缝由于受温度变化、构件及填缝材料的收缩,结构受外力后变形及施工影响,接缝处出现裂缝是不可避免的,因此,对接缝部位必须采取可靠的防排水措施。

建筑构造设计可以根据防排水原理,结合预制外墙板各部位接缝的特点和风雨条件,分别选用构造防排水、材料填缝防排水或构造和填缝相结合的(弹性物盖缝)防排水节点构造做法,并综合考虑材料、制作及施工条件。在预制外墙板十字缝部位每隔三层应设置排水管引水外流。

针对预制外墙板接缝防排水构造技术的特点,建筑构造设计可选用一些性能稳定,质量可靠的新材料、新产品和新技术应用到预制外墙板接缝防水构造之中,但需通过防排水实验证明是可行的,并能满足相关的施工及质量验收规程。

4.4.10 用于装配整体式住宅建筑中的分户墙和分隔墙的材料类型较多,如轻钢龙骨立筋类、块材类及条板类等各种隔墙材料。建筑设计应结合分户墙和分隔墙各自的使用功能与特点,选用自重轻、工业化程度高,能分别满足住宅隔声、防水和防火等技术性能要求的隔墙材料;同时,应认真做好室内隔墙系统的构造细部节点处理,并应加强与主体结构的连接。

4.5 住宅装修

4.5.1 装配整体式住宅的内外装修、饰面应简洁、大方,体现该建筑的特色。设计选用的材料应结合住宅装修的定位要求,采用耐久、防水、防火、防护及环保、无污染的材料与做法。

4.5.2~4.5.3 装配整体式住宅外墙板饰面及门窗框宜统一在工厂制作时完成,以此保证外墙板饰面及门窗框安装的整体质量。装配整体式住宅室内装修设计内容,宜根据工程的装修标准与定位,体现多样化、个性化和专业化的特点,并在建筑设计时同步完成。

4.5.4~4.5.5 装配整体式住宅室内装修宜采用以工厂化加工的标准化、定型化构配件为主,对部分非标准或特殊的构配件可结合现场安装施工时作统一处理。住宅公共部位和室内的装修设计内容,宜根据工程的装修标准与定位,在建筑设计时统一完成。

4.5.6~4.5.7 装配整体式住宅住宅公共部位和室内的装修设计内容,应根据建筑的特点;设计选用的装修材料和构造做法应分别符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325)、《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222)和《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB 50210)的规定。以此保证住宅室内装修整体工程的质量,体现装配整体式住宅建筑的特色。

4.6 室内环境

4.6.1 住宅设计应遵循“以人为本”的宗旨,给居住者创造一个舒适、健康的居住环境,装配整体式住宅室内的声环境、光环境、热环境及空气品质等各项指标应符合《住宅设计规范》(GB

50096)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《民用建筑设计通则》(GB 50352)、《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08—205)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)的有关规定等相关设计规范或标准的要求。

4.6.2 装配整体式住宅应提供室内居住者一个安静的生活环境,环境噪声应符合《城市区域环境噪声标准》(GB 3096)有关规定。

为保证住宅具有良好的声环境,装配整体式住宅建筑隔声设计应符合《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)的有关规定。住宅平面布置及建筑构造设计应采用防噪隔振措施,尤其是沿街住户由于受到环境交通噪声影响比较严重。因此,装配整体式住宅建筑平面布置时应尽量将卧室、起居室(厅)布置在背噪声源一侧,同时可以采用隔声性能好的门窗,以减少噪声的传入。此外,住宅室内的卧室、起居室(厅)在关窗状态下白天允许噪声级 50dB(A 声级),夜间允许噪声级 40dB(A 声级)。

长期以来,国内对于住宅在声环境方面存在的问题一直没有得到很好地解决,虽然涉及的原因较多,其中有施工质量方面的问题、有材料本身的问题,由于装配整体式住宅采用轻质材料分隔空间,故满足隔声要求显得难度更大,但更重要的还是建筑构造细部设计重视不够。

针对装配整体式住宅的特点,尤其对于住宅采用的叠合楼板和各类不同材料组成的分户墙,建筑设计应根据各种材料的特点,并结合室内装修设计,采取合理的构造措施,努力提高楼板、分户墙,包括外窗和户门的空气隔声性能。

住宅不同部位围护结构空气声的计权隔声量的要求:楼板、分户墙不应小于 40dB、外窗不应小于 30dB、户门不应小于 25dB,

使之符合《民用建筑隔声设计规范》(GB 118)、《住宅建筑规范》(GB 50368)等有关隔声设计要求;此外,为减少住宅内上层住户活动对下层住户的影响,造成居住质量下降,因此,设计应采取合理的构造措施提高楼板的撞击声隔声性能,使楼板的计权撞击声压级不应小于 75dB。

在设置电梯的装配整体式住宅中应合理布置电梯井道。由于电梯设备在运行过程中产生的噪声较难消除,为保证住户有一个安静的居住和休息环境,故本标准提出对电梯井道不应紧邻卧室和起居室布置的要求,紧邻其他居住空间时,建筑设计应采取有效的隔声构造措施。

装配整体式住宅建筑内不宜设置水泵房和风机房等设备用房,这些设备在运行过程中都会产生噪声和振动声,即便设置在地下室,也能直接影响底层的居民,连二、三层的居民也会受到设备振动带来的噪声干扰。如果设备用房必须设置在住宅内时,设计应给水泵、风机等设备设置隔声罩和隔振基础,以降低噪声和减少振动;建筑设计还可以在水泵房、风机房采用隔声门窗或墙面、顶板作相应的吸声处理等消声隔振措施。

水泵、风机的选用应采用低噪声节能型设备,既减噪又节能,同时机房内各种管道布置时宜在适当部位设置软节头、消声器等设施,管道穿楼板或墙时应设置减震支吊架,预留空洞周围空隙处用密实型材料填实,减少声音的传递,提高隔声性能。

4.6.3 住宅建筑有效利用日照对居住者的身心健康和提高室内居住环境质量都很重要。建筑日照的获得与地理位置、建筑朝向、间距、季节、时间及太阳高度角等都有直接关系。装配整体式住宅设计涉及到建筑朝向、建筑平面布置及日照间距等问题时可借助日照模拟软件分析以取得最佳日照条件,使之符合《住宅建

筑规范》(GB 50368)的有关要求。

装配整体式住宅室内光环境设计应充分考虑利用天然光源,这不仅照亮环境,使人们看清并认知周围的环境,而且日光的昼夜更迭,明暗变化支配人体的生物钟,控制生活起居周期,有利于居住者的身心健康,为居住者营造一个和谐适宜居住环境,此外,因使用天然采光,可以降低照明能耗,对于建筑节能减排起着积极的作用。住宅建筑采光通常通过采光系数来评价住宅是否获得充足的天然采光,根据房间使用功能确定的采光系数必须符合《建筑采光设计标准》(GB/T 50033),采光系数与房间的窗地面积比应符合《住宅设计规范》(GB 50096)、《民用建筑设计通则》(GB 50222)等有关要求。

装配整体式住宅室内卧室、起居室(厅)、厨房及公共部位的楼梯、电梯厅等房间的照度应根据其使用功能的要求确定,使其照度标准应符合《住宅设计规范》(GB 50096)等相关设计规范的有关要求。

4.6.4 住宅设计应使室内维持舒适的、健康的热环境,使室内空气温度、空气湿度、气流速度及环境辐射温度等物理参数满足人体热舒适的要求,同时要有充足的日照以实施杀菌消毒,要组织良好的通风以获得室外高品质的新鲜空气,让人接触自然,满足人与自然交往的要求,营造适宜居住的环境。

室内热环境并不是孤立存在的而是与室外环境、气候、太阳辐射等因素相联系,装配整体式住宅建筑设计时,从规划布局、建筑平面布置、建筑朝向、建筑体形系数以及室内温湿度指标等均应符合《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08—205)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)的规定,并且应充分考虑日照的有效利用与自然通风效果。

上海隶属夏热冬冷地区,其气候特点是夏季高温高湿、冬季湿冷,仅靠被动式制冷和采暖设施仍无法满足夏季和冬季室内热环境要求。因此装配整体式住宅的设计,一般情况下,夏季宜采用空气调节装置,冬季采用采暖装置以满足室内热舒适性;春、秋过渡季节主要依靠自然通风维持室内良好的通风环境。为节约空调和采暖能耗、降低温室气体排放、减少城市热岛效应,在装配整体式住宅建筑设计及建筑围护结构热工设计时,应采取相应的隔热、遮阳及保温隔热措施;建筑各部分的围护结构传热系数、窗墙面积比、遮阳系数等应符合现行国家和上海市住宅节能标准要求,详见《居住建筑节能设计标准》(DG/TJ08—205)的有关规定。同时外墙饰面宜选用反射率比较高的材料以减少夏季太阳辐射热的传入,降低空调冷负荷。

装配整体式住宅的外墙板的保温主要以采用夹心保温方式为主,对局部出现的现浇钢筋混凝土剪力墙可采用内保温方式,构造设计时对围护结构的热(冷)桥部位应有保温措施,避免围护结构内表面温度低于室内空气露点温度,造成内表面结露现象,影响住宅的热舒适性和降低构件使用寿命。

4.6.5 装配式住宅室内不仅应保持良好的声环境、光环境、热环境外,而且必须应具有良好的空气品质,给居住者提供安全、舒适、健康、和谐的居住环境。为保证室内被污染的空气及时排走和向室内补充高品质的新鲜空气,风压作用自然通风方式用于住宅的卧室、起居室(厅)等房间很普遍,住宅设计应合理选择建筑朝向、合理布置通风口位置和确定通风口面积,创造良好的通风条件,使之符合《住宅设计规范》(GB 50096)等相关规范及技术措施的有关要求。

4.7 建筑设备

4.7.1 给水排水、燃气供应、采暖、通风与空气调节设施以及照明供电系统是为提供住宅居民基本生活条件、健康、舒适的室内居住环境的设施。

装配整体式住宅建筑设备方面设计尚应符合《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)和《住宅设计标准》(DGJ08—20)规范与相关条文等规定。

4.7.2 生活给水系统水质,应符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)的要求,用水定额、水压、给水方式等设计参数及技术要求应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50019)和《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—给水排水》(2007)等设计规范要求。

装配整体式住宅给水系统设计时,室内给水方式的选择应充分利用市政供水压力,根据室外市政管网压力及项目要求,设计宜采用变频调压给水系统,并应选用节能型水泵及采取分户计量装置以降低设备和运行能耗。

住宅设置热水供应设施以满足居住者沐浴的需要,热水系统设计时,可采用多种加热方式和加热设备,如燃气热水器、电热水器等,当采用集中热水系统时,热源的选择宜首先利用工业余热、废热、地热以及太阳能,建议六层及六层以下的住宅宜采用太阳能热水系统,并与装配整体式住宅一体化设计及预埋构件预留等。

给水排水管道材料(含配件)、控制附件、计量附件等应符合现行国家行业标准,增压设备应选用低噪声节能型水泵以节约能源、降低噪声、改善居住环境。

装配整体式住宅排水系统设计时,宜选用节水型卫生洁具和

配件。为便于器具检修和管道疏通,卫生间宜采用同层排水方式(降板式或后排式),降板的深度或后排水设置隐蔽式水箱的所需厚度,需根据管道敷设坡度及隐蔽式水箱安装系统、水箱配件、淋浴花洒、流量控制器、浴室配件和水龙头器具和等因素确定并与建筑一体化设计。

结合装配整体式住宅建造特点,套内给水、排水及热水管道的布置与敷设除了应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50019)设计规范及相关规范的要求外,立管穿楼板预留孔洞或设置管道竖井、支管穿墙或墙槽及管道支吊架等与土建结合部分或预制构件的设置宜与建筑设计统一考虑。

4.7.3 根据夏热冬冷地区夏季酷热、冬季湿冷的气候特点及生活习惯,春秋过渡季节住宅以自然通风为主,夏季和冬季,住宅采用分散式(户式)空气调节器(机)进行空调(或采暖)时,设备的能效比及其技术性能参数应符合《建筑给水排水设计规范》(GB 50019)、《住宅设计规范》(GB 50096)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《建筑采暖、通风和空气调节设计规范》(GB 50019)以及《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—暖通空调·动力》(2007)国家现行有关规定。

采暖、通风和空气调节系统设备及管道布置与敷设应满足《建筑采暖、通风和空气调节设计规范》(GB 50019)等规范的要求,管道穿楼板、穿墙时留孔及管道支吊架设置的位置及间距等与土建结合部分的预埋构件等宜在建筑设计时同步进行。

厨房和卫生间最好采用天然采光和自然通风,建筑设计应合理的组织自然通风以维持良好的通风环境,当需要采用机械通风时,厨卫间内应与土建结合,并设置预留安装机械排风机和排风管(或竖井)的位置和条件,装配整体式厨房设置脱排油烟竖井及

相关接口构件宜与建筑设计同步。

4.7.4 安全使用燃气,保证燃气稳定燃烧是燃气供应系统设计关键。住宅燃气供应系统设计时燃气气源、燃气质量、供气压力及用气量标准等技术参数应符合《城镇燃气设计规范》(GB 50028)等规范要求。

燃气表、燃气灶具、燃气热水器安装和燃气管道布置与敷设应符合《城镇燃气设计规范》(GB 50028)、《城市煤气、天然气管道工程技术规程》(DGJ508—10)等有关规定。燃气灶具排气罩的排出的烟气中含有油雾,需设置独立排气管道排至室外,且预留排气装置或预制构件。

厨房或服务阳台设置燃气热水器应设有通风条件的部位,并预留排至室外的专用废气排放管位置,严禁与排油烟管道竖井合用。

4.7.5 住宅电气设计中的电气负荷标准、电话终端出口数量、网络、安全监控设施等其他技术参数应符合《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16)、《建筑照明设计标准》(GB 50034)、《住宅建筑规范》(GB 50368)、《住宅设计规范》(GB 50096)的条文、规范和标准。

供电系统、有线、电话通讯系统的设计均应满足规范要求,电表、电源总断路器(应具有漏电保护装置)、电源插座等设备及各类型电线管线布置宜在建筑设计时统一考虑。

住宅电气系统节能设计应根据《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇—电气》(2007)有关规定要求,满足住宅功能使用要求,应优先选用节能型照明灯具及电气设备(如电梯、供配电等设备),同时在系统控制、计量仪表及其控制管理等方面应符合相关的设计规范等要求。为充分利用可再生能源,建筑电气系统设计时,建议考虑太阳能光电系统的利用并与建筑一体化设计。

4.7.6 装配整体式住宅在建筑设计时,应综合考虑给水、排水、燃气、采暖、通风和空气调节设施、照明供电等建筑设备和各种管线的配置,并提供或预留必要的空间。

住宅内公共部位需预留公共功能管道布置或敷设空间,为各类管道布置、部件的检修调节和日常管理提供方便。

住宅的水表(含热水表)、电表、燃气表及分户计量仪表设置位置,应考虑方便计量、检修和物业管理。

5 结构设计基本要求

5.1 一般规定

5.1.1 本规程按《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068)采用荷载分项系数、材料性能分项系数(为了简便,直接以材料强度设计值表达)、结构重要性系数进行设计。

本规程的荷载分项系数应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)的规定取用。

5.1.2 对采用钢筋混凝土材料的高层建筑,从安全和经济诸方面综合考虑,其适用高度应有限制。参考我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)的相关规定,本规程中的装配整体式混凝土框架结构总高度不应大于 50m。

预制叠合剪力墙是为实现住宅产业化而生产的一种介于全现浇钢筋混凝土剪力墙和全预制剪力墙之间的一种剪力墙结构构件,日本是较早推广、应用这种剪力墙的国家,技术也相对成熟。目前,预制叠合剪力墙在日本主要作为框架填充墙或框架结构中的抗震墙使用,真正作为受力构件用于纯剪力墙结构的工程实例不多见,同时日本工程界对于在结构高度超过 60m 的建筑中采用预制叠合剪力墙态度审慎,须根据特别条款认定。此外,日本相关的研究、应用资料建议采用预制剪力墙板工法制作的预制叠合剪力墙高度不宜大于 5.5m。预制剪力墙板工法是指在指定工厂内将叠合筋埋入预制剪力墙板内,待预制剪力墙板养护成型后运至施工现场,安装就位后在其内侧浇注混凝土形成叠合剪力墙的一种施工方法。预制剪力墙板工法又称 PCF 工法。

PCF 工法决定了预制叠合剪力墙预制部分的墙体分布钢筋不可避免的会在同一部位搭接,而我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)规定“抗震等级二级及以上的剪力墙加强部位的分布钢筋应错开搭接”,为避免和现行规范条款冲突,此处将预制叠合剪力墙适用范围限定于抗震等级三级及以下的剪力墙。

综合以上两方面因素,并鉴于预制叠合剪力墙在我国的应用研究尚处于初级阶段,本规程暂时规定预制叠合剪力墙只适用于结构总高度不大于 60m、层高不大于 5.5m、抗震等级为三级及以下的小高层、高层剪力墙结构住宅外墙,若后续试验研究及工程实践证明可行,其适用范围可进一步修订。

5.1.4 参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010),按照《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068)的规定,本规程将装配整体式住宅结构设计分为承载能力和正常使用两类极限状态。

承载能力极限状态设计关系到结构的安全问题,例如,结构构件或其连接是否超出其强度而破坏(包括疲劳破坏);结构整体或局部构件是否失稳等,所以这类设计必须具有足够的安全度,避免造成重大事故。

正常使用极限状态设计仅涉及结构的使用条件和耐久性问题,例如,结构的变形或振动是否过大;构件的裂缝是否出现过早、过宽等,但这些现象并不引起结构的破坏,造成生命财产的严重损失。因此,正常使用极限状态的可靠度水平一般要低于承载能力极限状态设计。

对结构构件的计算与验算要求,与《混凝土结构设计规范》(GB 50010)保持一致。

5.1.5 荷载的取值按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)的规定取用。

5.1.6 本条参考自《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3),并略有提高。

5.2 承载力极限状态计算规定

5.2.1 符号 S 在《建筑结构荷载规范》(GB 50009)中为荷载效应组合的设计值;在《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)中为地震作用效应与其他荷载效应的基本组合,又称结构构件内力组合的设计值。

5.3 正常使用极限状态验算规定

5.3.1~5.3.4 参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010),限制结构或构件的挠度、裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值。

5.4 装配整体式混凝土框架结构分析

5.4.1 在所有的情况下均应对结构的整体进行分析。对结构的两种极限状态进行结构分析时,应采取相应的荷载组合。

5.4.2 结构在不同的工作阶段可能出现多种不同的受力状况,应分别进行结构分析,并确定其可能最不利的作用效应组合。

结构分析应以结构的实际工作状况和受力条件为依据。结构分析的结果应有相应的构造措施作保证。结构分析方法应有可靠的依据和足够的计算精度。

5.4.3 所有结构分析方法的建立都基于三类基本方程,即力学平衡方程、变形协调条件和本构关系。其中力学平衡方程必须满足;变形协调条件对有些方法不能严格符合,但应在不同程度上予以满足;本构关系则需合理地选用。

5.4.4 本条给出现有的结构分析方法,各类方法的主要特点和

应用范围有所不同,需根据结构的要求具体选用。

5.4.5 结构设计中采用电算分析的日益增多,商业的和自编的电算程序都必须保证其运算的可靠性。而且,每一项电算的结果都应作必要的判断和校核。

6 叠合式受弯构件设计

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.3 参照美国房屋建筑混凝土结构规范(ACI 318)并结合我国的实际情况,对叠合式受弯构件作了定义,并对叠合式受弯构件的设计作了一般规定。U型叠合梁是一种新型的混凝土叠合梁,具有预制构件自重轻、大量节省模板与支撑、施工便捷等优点,适用于工业化住宅。

6.1.4 本条参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。叠合式受弯构件依施工和受力特点的不同可分为在施工阶段加设可靠支撑的叠合式受弯构件(亦称“一阶段受力叠合构件”)和在施工阶段不设支撑的叠合式受弯构件(亦称“二阶段受力叠合构件”)两类。

一阶段受力叠合构件除应按叠合式受弯构件进行斜截面受剪承载力和叠合面受剪承载力计算和使其叠合面符合本章第6.7节的构造要求外,其余设计内容与一般受弯构件相同。二阶段受力叠合构件则应按本章第6.3节到6.7节的规定进行设计。

预制构件高度与叠合构件高度之比 h_1/h 小于0.4的二阶段受力叠合构件,受力性能和经济效果均较差,不建议采用。

本条给出“二阶段受力叠合式受弯构件”在叠合层混凝土达到设计强度前的第一阶段和达到设计强度后的第二阶段所应考虑荷载。在第二阶段,因为叠合层混凝土达到设计强度后仍可能存在施工活荷载,且其产生的荷载效应可能大于使用阶段可变荷载产生的荷载效应,故应按这两种荷载效应中的较大值进行

设计。

6.2 正截面受弯承载力设计

6.2.1 本节参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。本条给出了预制构件和叠合构件的正截面受弯承载力计算方法。当预制构件高度与叠合构件高度之比 h_1/h 较小时,预制构件正截面受弯承载力计算中可能出现 $\xi > \xi_b$ 的情况,此时纵向受拉的 f_y 、 f_{py} 应用 σ_s 、 σ_p 代替。 σ_s 、 σ_p 应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的有关规定进行计算,也可取 $\xi = \xi_b$ 进行计算。

6.3 斜截面承载力设计

6.3.1 本节参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。由于二阶段受力叠合梁的斜截面受剪承载力试验研究尚不够充分,本规范规定叠合梁受剪承载力仍按普通钢筋混凝土梁受剪承载力公式计算。在预应力混凝土叠合梁中,因预应力效应只影响预制构件,故在斜截面受剪承载力计算中暂不考虑预应力的有利影响。在受剪承载力计算中,混凝土偏安全地取预制梁与叠合层中的较低者;同时,受剪承载力应不低于预制梁的受剪承载力。

6.4 叠合面水平受剪承载力设计

6.4.1 本节参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。叠合构件中叠合面有可能先于斜截面达到其受剪承载能力极限状态。叠合面受剪承载力计算公式是以剪摩擦传力模型为基础,根据叠合构件试验结果和剪摩擦试件试验结果给出的。叠合式受弯构件的箍筋应按斜截面受剪承载力计算和叠合面受剪承载力计算得出的较大值配置。

不配筋叠合面的受剪承载力离散性较大,故本规范用于这类叠合面的受剪承载力计算公式暂不与混凝土强度等级挂钩,这与国外规范的处理手法类似。

6.5 裂缝宽度验算

6.5.1 本节参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。以普通钢筋混凝土受弯构件裂缝宽度计算公式为基础,结合二阶段受力叠合式受弯构件的特点,经局部调整,提出了用于钢筋混凝土叠合式受弯构件的裂缝宽度计算公式。其中考虑到若第一阶段预制构件所受荷载相对较小,受拉区弯曲裂缝在第一阶段不一定出齐;在随后由叠合截面承受 M_{2k} 时,由于叠合截面的 ρ_{te} 相对偏小,有可能使最终的裂缝间距偏大。因此当计算叠合式受弯构件的裂缝间距时,应对裂缝间距乘以扩大系数 1.05。这相当于将《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中的 a_{cr} 由普通钢筋混凝土梁 2.1 增大到 2.2。此外,还要用 $\rho_{te}\sigma_{s1k} + \rho_{te}\sigma_{s2k}$ 取代普通钢筋混凝土梁 ψ 计算公式中的 $\rho_{te}\sigma_{sk}$,以近似考虑叠合构件二阶段受力特点。

6.6 正常使用极限状态下的挠度验算

6.6.1 本条参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。叠合式受弯构件的挠度采用公式(6.6.1-1)给出的考虑了二阶受力特征的当量刚度 B 、按荷载效应标准组合并考虑荷载长期作用影响进行计算。当量刚度 B 的公式是在假定荷载对挠度的长期影响均发生在受力第二阶段的前提下,根据第一阶段和第二阶段的弯矩曲率关系导出的。

6.6.2~6.6.3 本条参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。钢筋混凝土二阶段受力叠合式受弯构件第二阶段短期刚度,是在

一般钢筋混凝土受弯构件短期刚度计算公式的基础上,考虑了二阶段受力对叠合截面的受压区混凝土应力形成的滞后效应后经简化得出的。对要求不出现裂缝的预应力混凝土二阶段受力叠合式受弯构件,第二阶段短期刚度公式中的系数 0.7 是根据试验结果确定的。

6.7 构造要求

6.7.1~6.7.3 本节参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)和新西兰混凝土结构规范(NZS3101)。叠合式受弯构件的叠合截面受剪承载力是通过叠合面的骨料咬合效应和穿过叠合面的箍筋在叠合面产生滑动后对叠合面形成的张紧力来保证的。为此,要求预制构件上表面混凝土振捣后不经抹平而形成自然粗糙面,且应选择骨料粒径,以形成本条规定的凹凸程度。在配有横向钢筋的叠合面处,应通过箍筋伸入叠合层的长度以及叠合层混凝土的必要厚度和强度等级保证箍筋有效地锚固在叠合层混凝土内。为了保证新旧混凝土间的结合能力,应确保接触面干净、无油污及浮浆。

7 装配整体式混凝土框架节点设计

7.1 一般规定

7.1.1 装配整体式混凝土框架节点除了自身的特点以外,尚具有普通混凝土框架节点的一些共性,因此除须满足本规程外尚应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)、《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)及其他相关规范(规程)等中的有关规定。

7.1.2 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。要求节点承载力应大于相邻梁、柱端的承载力主要是为了保护节点核芯区。这是因为节点核芯区破坏属于剪切破坏,一旦核芯区破坏,节点刚度和承载力将突然降低,会导致结构变形明显增大,而且很难修复。

7.1.3 由于影响装配整体式混凝土框架节点的因素众多,难以通过计算准确获得其强度和刚度等重要指标,因此对于无成熟实践经验的节点应通过试验来验证其实际性能能否满足要求。

7.1.4~7.1.5 本条参照新西兰混凝土结构规范(NZS3101)。

7.2 构造要求

7.2.1 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

整浇式节点的特点是柱子连接与梁的连接汇集在一起,通过后浇混凝土形成刚性节点。这种节点在北京地区和其他地区的多、高层民用建筑装配式框架中获得普遍采用,有比较成熟的经验。

北京市建筑设计研究院等单位结合工程实践在 70 年代对整浇式节点进行了 79 个试件试验,包括静载下抗压、抗弯、梁端抗剪、钢筋焊接、接缝密实性等以及低周反复荷载下节点核芯区抗震性能试验,并不断改进节点构造,使节点性能可满足二级抗震的要求。节点抗压强度安全系数平均为 1.9;抗弯刚度降低系数为 8.9%~21.5%,位移延性系数 $\mu_u=5.5$ 。

实践证明,这种节点的优点是:梁柱构件外型简单,制作和吊装方便,节点整体性好,现场施工时,先浇灌节点混凝土,后安装上柱,这样易于保证节点核芯区混凝土的施工质量;节点核芯区的箍筋可采用预制焊接骨架或用螺旋箍筋,梁吊装后即可放入,便于施工又能满足抗震箍筋的要求;梁底纵向钢筋伸入柱内后采用搭接或焊接,保证了梁下部钢筋的可靠锚固。但应注意以下几点:

1)要保证和预制梁、柱伸出钢筋的规定强度;

2)在叠合梁钢筋上部设置直径为 12mm 的封闭焊接箍筋以固定柱筋位置;

3)预先将定位埋件焊在叠合梁钢筋上以控制第一次后浇混凝土的标高;

4)为保证主梁的焊接质量,并先吊主梁,使梁下部钢筋相互焊好后再吊次梁。

试验及施工实践表明,整浇式节点柱樁头外面的后浇混凝土顶面与预制柱底面之间由于浇捣过程中积存的空气无法驱除,因此往往留有缝隙。此缝隙导致接缝处混凝土过早开裂,柱纵筋过早压屈,严重者则会影响节点承载力。试验和现场施工表明,采用在后浇混凝土与预制柱底面之间预留 30mm 左右的空隙,然后捻入干硬性豆石混凝土(用钎子打实)的措施能消除上述隐患,使

节点受力性能接近现浇柱。

预制梁端在施工吊装阶段搁在柱子上或模板上,其受力与单独牛腿承受竖向荷载作用的情况相似。故应参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的要求对梁端进行抗裂验算。试验证明验算结果偏于安全。

7.2.2 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

现浇柱叠合梁节点的特点是节点与柱子同时整浇,节点的整体性好。这种节点性能与现浇框架节点相近。经过中国建筑科学研究院标准所等单位的反复荷载下试验,证明其受力性能良好。

本节节点的节点核芯区构造与计算均与本节整浇式节点相同。

7.2.3 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

齿槽式节点的特点是利用梁柱接缝处的后浇混凝土所形成的受力齿槽传递梁端剪力,具有节约接头用钢量,便于构件生产等优点,系统的试验证明其受力性能良好。自1965年以来,已先后在30余个工程纵向框架,横向承重框架和升梁升板结构中采用,梁端剪力200kN左右,有的达700kN。根据唐山地震7~9度区的调查,位于7~8度的天津杨柳青及军粮城二电厂主厂房纵向框架所用的齿槽式节点震后基本完好;位于9度区的唐山陡河电厂,由于框架没有抗震设防,齿槽式节点多数发生受弯破坏,主要原因是梁筋剖口焊断裂,焊接质量不高,后浇混凝土质量较差所致。经过反复荷载下的剖口焊性能试验证明,只要认真执行施工验收规范有关的技术措施,可以满足结构的延性要求。

对于齿槽式节点的受力性能和合理构造,东南大学(原南京

工学院)曾进行了57个小型试件和35个足尺节点试验。根据试验研究的结果,提出了构造措施。其中,关于齿型,以相隔一定距离的三角形和梯形齿槽受力性能较好。另外齿高与齿深的比例不宜过大,当高深比(h_k/a_k)大于3时,齿槽容易发生压坏而不是剪坏。齿深由25mm、30mm、40mm到50mm变化时,受剪承载力略有提高,但由于系受剪破坏控制,所以差别不大。考虑到施工条件,规定齿深不宜小于40mm。

试验表明,当齿槽截面的剪跨比大于2.0时,接头多呈受弯破坏,此时齿槽数目的多少并不具有很大意义,甚至不设齿槽也不会降低构件的受弯承载力。但是,从无齿的节点试验可以看到,接头的裂缝较宽,节点刚性显著降低,这对使用是不利的。为了保证齿槽式节点的刚性,规定截面上齿槽数目不应少于2个,齿槽受剪面积不小于梁截面的1/3。

齿槽受剪承载力的发挥需要一定的约束条件。因此规定齿槽截面受拉纵向钢筋配筋率不得小于0.5%,这在刚性框架中一般是可以满足的。另外,在接缝内设置箍筋也可加强对纵向受力钢筋的约束,提高齿槽受剪承载力。当接缝较宽时(大于120mm),应加2道箍筋。

式(7.2.3-1)、(7.2.3-2)是根据试验结果并考虑使用方便而作了简化后提出的。公式表明除齿槽受剪外,还可利用压力摩擦(或外弯矩的压力)的抗剪有利作用。但为安全起见,本规程将压力摩擦承担的剪力限制在一定比例内,不得超过剪力设计值的1/3,以设置必要的齿槽。对于齿槽混凝土的受剪承载力取值,考虑反复荷载下混凝土受剪承载力的降低,比静载下约低20%左右。公式中还以试验资料为基础,引入强度折减系数 α ,反映齿数对平均受剪承载力的影响。齿数越多, α 越小。

7.2.4 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

暗牛腿式梁柱节点的特点是牛腿不外露,外形美观,便于管线布置。可在民用建筑和工业厂房中应用,也可用于主梁与次梁的连接。国内外的经验证明,采用型钢为暗牛腿时,施工安装方便,承载力较大且有较好的抗震性能。

暗牛腿时节点中采用的齿槽可分为两种类型。一种为构造齿槽,齿深 25mm,齿数可以不必计算,计算节点受剪承载力时不考虑齿槽的作用,齿槽做法和数目可参见第 7.2.6 条第 2 款第 3 项所述。另一种为受力齿槽,齿深不宜小于 40mm,对齿高、齿距也规定得较严格。齿槽数目除满足构造要求外,尚应按第 7.2.3 条第 5 款的规定进行计算确定,然后选用较大值。

当采用受力齿槽型钢暗牛腿节点时,节点的承载能力可以有较大的提高,原四机部第十设计院结合南京金陵无限电器材厂工程,进行了 17 个齿槽—型钢暗牛腿的节点试验,梁 250mm×700mm,齿槽数 $n=3$,齿槽受剪面积 $b_k h_k n = 250 \times 70 \times 3 = 52500\text{mm}^2$,混凝土强度等级 C20,纵向梁筋 $2\phi 28 + 1\phi 25$,型钢 2 [12,设计剪力 270kN,而试验结果极限剪力 530kN~700kN,安全度很大。试验量测还表明,型钢牛腿除承担施工吊装阶段荷载外,在使用阶段荷载所产生的剪力作用下,仍有 17%~20% V_2 由牛腿承担。因此,本节点中型钢暗牛腿的剪力设计值规定按式 (7.2.4-3) 选用是偏于安全的。但在计算齿槽时,仍按承受全部 V_2 来确定齿数较妥。

型钢牛腿对柱中混凝土的局部受压验算,应包括由牛腿传来的剪力以及由柱子传来的轴向压力。

由型钢牛腿传来的剪力,在柱中的应力分布假设按图 7.2.4

145

-2 所示。由柱子传来的压应力为 $N/b_c h_c$ 。对于荷载对称的中柱,混凝土的局部受压承载力 V_u 为:

$$V_u = \frac{1}{3} \beta f_c b h_c \quad (7-1)$$

由图 7.2.4-2 的中柱,可见 $b h_c = A_l$ (A_l 为局部受压面积),因此,局部受压应满足下式要求:

$$V \leq \frac{1}{3} \left(\beta f_c - \frac{N}{b_c h_c} \right) A_l \quad (7-2)$$

对于边柱,混凝土的局部受压承载力可按式近似求得:设型钢埋入柱中的长度为 l , $\sum M = 0$ (对 X 的中点取矩)

$$V_u \left(a + \frac{2}{3} l + \frac{1}{6} l \right) = \frac{1}{3} \beta f_c b l \times \left(\frac{2}{3} l \right)$$

$$V_u = \frac{\frac{2}{9} \beta f_c b l^2}{\frac{5}{6} l + a}, \text{化简得}$$

$$V_u = \frac{\beta f_c b l}{\frac{45}{12} + \frac{9a}{2l}}$$

近似取

$$V_u = \frac{\beta f_c b l}{3 + \frac{4a}{l}} \quad (7-3)$$

由图 7.2.4-2 的边柱, $b l = A_l$, 同理,局部受压应满足:

$$V \leq \frac{1}{3 + \frac{4a}{l}} \left(\beta f_c - \frac{N}{b_c h_c} \right) A_l \quad (7-4)$$

在装配式混凝土结构中,除上述暗牛腿式节点形式外,还有明牛腿式节点形式,其设计应满足下列要求:

1) 明牛腿式节点适用于装配整体式多层民用房屋。明牛腿式节点宜用于长柱。

146

2)明牛腿式节点(图 7-1)应符合下列构造要求:

(1)柱截面尺寸不宜小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$;梁截面宽度不宜小于 200mm ;且不宜小于柱截面宽度的 $1/2$;

(2)明牛腿的尺寸除按第本条第 5 款通过计算确定外,牛腿的挑出长度尚应根据梁端预埋件焊缝计算长度和梁柱间的接缝宽度加以确定,且不得小于 250mm ;牛腿底面与水平面的倾斜角不应大于 45° ;牛腿外边缘高度不宜小于牛腿高度的 $1/3$,且不应小于 200mm ;

(3)在梁端和柱侧面宜设置 2~3 个构造齿槽,齿深可取 25mm ,齿高可取 $50\text{mm} \sim 80\text{mm}$,齿距可取 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$;梁柱间的接缝宽度不宜小于 80mm ;接缝中应设置一道箍筋,箍筋直径与梁端的箍筋直径相同,但不宜小于 8mm ;

(4)预制梁端上部纵向受力钢筋与柱的伸出钢筋宜采用剖口焊接,焊口位置距柱面不宜小于 150mm ;当梁上部纵向受力钢筋为两层时,下层钢筋不宜多于 2 根;

(5)框架梁的纵向受力钢筋在节点内的锚固长度应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的要求。

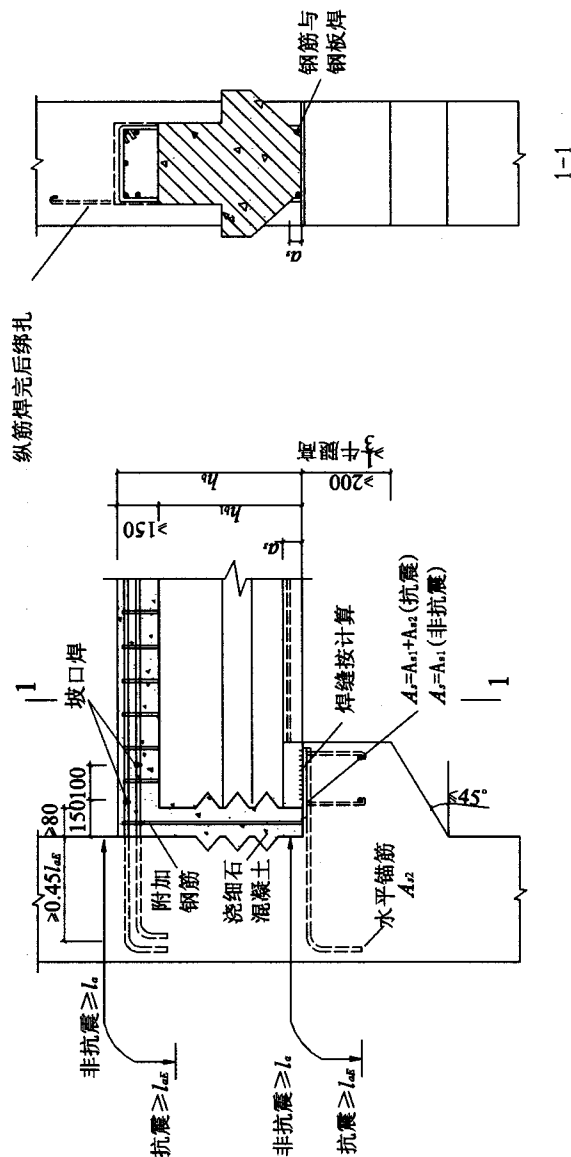


图 7-1 明牛腿式节点

3)明牛腿式节点核芯区、梁端和柱端箍筋的构造要求均与现浇框架相同。当明牛腿与柱子宽度相同时,核芯区下部柱端箍筋加密范围应从牛腿根部算起,梁端箍筋加密范围应从牛腿外边缘算起。

4)抗震等级为二级的明牛腿式节点应按本章第 7.3 节的要求进行节点核芯区受剪承载力计算。

5)明牛腿承受的剪力设计值应按施工吊装阶段和使用阶段分别进行计算;

(1)施工吊装阶段由牛腿承受的剪力设计值 V_1 应按下列公式计算:

$$V_1 = V_{1G} + V_{1Q} \quad (7-5)$$

剪力设计值 V_1 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)有关规定并取式中 F_{1k} 为零进行牛腿的截面尺寸的验算。

(2)使用阶段由牛腿承受的组合剪力设计值 V 可按下列公式确定:

非抗震设计

$$V = V_1 + \alpha(V_2 - 0.07f_c b_{bl} h_{bl}) \quad (7-6a)$$

抗震设计

$$V = V_1 + \alpha(V_2 - 0.056f_c b_{bl} h_{bl}) \quad (7-6b)$$

式中 V_1 —— 施工吊装阶段明牛腿剪力设计值;

V_{1G} —— 预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在设计截面产生的剪力设计值;

V_{1Q} —— 施工吊装阶段施工活荷载在设计截面产生的剪力设计值;

V_{2G} —— 第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的弯矩设计值;

V_2 —— 框架形成整体后由使用阶段荷载通过内力的不利组合所得梁端最大剪力设计值;当考虑地震作用时,其可变荷载组合值应按《建筑抗震设计规范》(DGJ08-9)有关规定取用;

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值,可取预制柱和预制梁混凝土强度等级二者中的较低者;

α —— 系数,当与剪力设计值 V_2 相应的弯矩为负弯矩时取 0.8,当与 V_2 相应的弯矩为正弯矩时取 1.0;

b_{bl}, h_{bl} —— 预制梁截面宽度、截面高度。

6)明牛腿承受剪力设计值 V 所需的纵向受拉钢筋面积 A_{sl} 可按下列公式计算:

非抗震设计

$$A_{sl} \geq \frac{Va}{0.85f_y h_0} \quad (7-7a)$$

抗震设计

$$A_{sl} \geq \frac{Va}{\gamma_{RE} 0.85f_y h_0} \quad (7-7b)$$

式中 a —— 梁端反力作用点至下柱边缘的水平距离,此时,应考虑安装偏差 20mm;当 $a < 0.3h_0$ 时,取 $a = 0.3h_0$;

V —— 明牛腿组合的剪力设计值;

h_0 —— 牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度;

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数,取 1.0。

承载剪力设计值 V 所需的纵向受拉钢筋的配筋率,按牛腿有效截面计算不应小于 0.2% 及 $0.45f_t/f_y$,也不宜大于 0.6%。

7)当考虑地震作用组合使梁端产生正弯矩时,承担正弯矩的水平锚筋 A_{s2} ,可按下列公式计算:

$$A_{s2} \geq \frac{1.2M}{\gamma_{RE}(f_y h_{b0} - a_s)} \quad (7-8)$$

式中 M —— 梁端组合的正弯矩设计值;

h_{b0} —— 梁端截面有效高度;

a_s —— 梁底受拉钢筋的合力点至牛腿顶部的距离;

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数,取 1.0。

承受拉力的水平锚筋不应少于 2 根且应焊于牛腿上部的预埋件上。

明牛腿上部纵向受拉钢筋面积 A_{s1} 与水平锚筋面积 A_{s2} 之和不宜小于梁端负弯矩纵向受拉钢筋面积的 30%,且根数不宜少于 4 根,直径不应小于 12mm。

边柱明牛腿的纵向受拉钢筋和水平锚筋均应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中对受拉钢筋的锚固要求。

8)牛腿的水平箍筋直径 6mm~12mm,应取间距为 100mm~150mm;对抗震设计,箍筋直径不应小于 8mm,间距不应大于 100mm;且在牛腿上部 $2h_0/3$ 范围内的水平箍筋总截面面积不应小于牛腿纵向受拉钢筋 A_{s1} 的 1/2。

7.2.5 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

叠压浆锚式节点的特点是通过梁端柱体的预留孔,用浆锚砂浆将上、下柱子的纵向受力钢筋连接起来传递内力。这样可减少现场焊接工作量,减少了预埋件,节省钢材,施工也较方便。关键是保证柱子伸出钢筋和梁端柱体预留孔的位置要准确,以及灌浆和捻缝的质量。

为检验节点的受力性能,北京市建筑设计研究院等单位曾做过不少节点静力试验(包括受压、受弯、疲劳、钢筋浆锚与焊接共

同作用等),又设计了一幢二层装配整体式框架试验楼进行了静力试验。并在工程实践中不断改进节点构造做法。本条规定的一些构造要求反映了这些经验。

当梁端柱体的混凝土强度等级低于预制柱的混凝土强度等级时,应进行使用阶段梁端柱体(图 7.2.5-2 中 2-2 截面)受压承载力验算。按照预制柱和梁端柱体等强的原则,利用式(7.2.5-2)可确定梁端柱体内应配置的间接钢筋数量,并满足构造要求。

7.3 承载力计算

7.3.1~7.3.2 本条参照《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)的要求。

7.3.3 本条是限制最大名义剪应力,防止节点核芯区产生斜压破坏。

7.3.4 与现浇框架不同的是,在计算装配整体式节点核芯区受剪承载力时,不应考虑直交梁对节点核芯区抗剪的有利影响,这是由于预制梁与核芯区混凝土交界处在梁受弯时比较早的出现垂直裂缝。试验说明,梁端开裂后,直交梁对节点核芯区的约束作用不明显,故取 $\eta_i = 1.0$ 。

众所周知,在节点核芯区和柱端放置横向箍筋有三个作用:承载剪力、约束混凝土和防止柱纵向受力钢筋的压曲。研究表明,为了保证柱截面具有相同的曲率延性,横向箍筋的数量将随轴压比的加大而增加,这一点与对抗剪箍筋的要求正好相反。因为在一定范围内,柱轴压力越大,所需的抗剪箍筋会越少。因此,除了计算箍筋需要量外,尚应满足表 7.3.1 的要求,然后选用二者的较大值。

7.3.5 本条参照《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)。

7.3.6 本条主要参照《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)。

8 连接设计

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.4 本条款依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关说明,并略有提高。根据我国工程经验给出了预制构件连接接头的原则性规定。多年来的工程实践证明,这些构造措施是有效的。其中装配整体式接头处的钢筋宜采用传力比较可靠的机械连接形式。而当采用焊接连接形式时,应考虑焊接应力对接头的不利影响。

8.1.5 本条款依据《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)的有关说明。本条指出了构件之间的连接应遵守的原则:通过连接的承载力来发挥各构件的承载力、变形能力、从而获得整个结构良好的抗震能力。

8.1.6 本条款依据 ACI 318 的有关说明。预制构件的结构性能与同类现浇构件相比可能有实质性差异。在预制结构中要求对接头的设计作专门考虑,以尽可能减小或能够传递由收缩、徐变、温度变化、弹性变形、不均匀沉降、风和地震所引起的力。

8.1.7 本条款依据 ACI 318 的有关说明。预制构件和接头的设计对单个构件的尺寸误差及其在结构中的位置误差特别敏感。为了避免错误理解,在设计中允许的误差应在合同文件中作出说明。

8.1.8 本条款依据 ACI 318 的有关说明。

8.1.9 本条款依据 NZS 3101 的有关说明。当一个接头中的各种组分(例如螺栓、焊缝、钢板、预埋件)具有不同的特性时,这些

特性会影响接头的整体性能。

8.2 梁梁连接

8.2.1 本条款主要依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关说明。为了提高接合面的抗剪承载力,要求预制构件表面混凝土振捣后不经抹平而形成自然粗糙面,以形成本条规定的凹凸程度。预制构件的纵筋应通过伸入后浇混凝土的长度保证纵筋有效地锚固在后浇混凝土内。

接头位置的设置依据 CEB-FIB 的有关说明。框架梁的塑性铰一般出现在梁端,现浇连接接头的位置应避免设置在塑性铰区。

8.2.2 当箍筋离企口边大于某一距离时,其应变相对于企口处箍筋的应变要小得多,说明此处的箍筋不能充分发挥作用。箍筋应布置在靠近企口的某一范围内,这样不仅能提高构件在企口处的极限抗剪承载力,而且能抑制裂缝的扩展。从试验情况分析,这一范围大约为 $2h_1/3$ (h_1 为缺口处梁高)。通过合理的构造措施,保证接合处的受力的可靠性,减小企口接头对整梁的受力性能的影响。

企口截面的受剪承载力计算参考自 PCI Design Handbook 的相关内容。

8.3 柱柱连接

8.3.1 本条依据《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)的有关说明。

在我国装配式民用房屋中,柱与柱采用榫式连接为最多,有成熟的经验。这种连接的特点是利用上柱下端的小榫头承受施

工吊装阶段荷载,再通过连接柱子钢筋和后浇混凝土形成刚性连接。这种连接的优点是节约接头用钢量,施工吊装方便,受力可靠。关键是要做好接头钢筋焊接和后浇混凝土浇捣这两项工序,工程质量是有保证的。

早在 60 年代到 70 年代中期,冶金部建筑研究总院、北京市建筑设计院等单位结合工程实践,对榫式柱连接进行过全面试验,包括:榫头尺寸、榫头坡角、钢筋剖口焊的焊接应力测定,吊装时在榫头下垫铁片、垫砂、垫砂浆的效果,接头后浇混凝土的浇捣方法等。受力性能进行过轴心受压、小偏心和大偏心受压静载试验。现对几个构造问题说明如下:

1)榫头尺寸 在满足施工吊装阶段局部受压要求下,榫头不宜过大,以免接触面不平,榫头小一点对后浇混凝土灌实也有利。榫头的斜度及上坡角越小越好。因为试验表明,在使用荷载下接头出的压缩变形比柱体要大一倍以上,榫头在变形沉降时对后浇混凝土会产生一定的水平推力导致混凝土开裂。水平推力的大小与坡角成正比。因此做成直榫头,上坡角做成平角最为有利。后浇混凝土时上部留下 30mm 左右的缝隙,用于硬性细实混凝土捻实。

2)焊接应力 上、下柱筋经焊接冷却后产生收缩,这种收缩受到榫头的阻止,而自由长度的钢筋内即产生拉应力(焊接应力)。焊接应力与钢筋直径、钢筋自由长度、剖口型式、上下钢筋之间的间隙以及施焊工艺等因素有关。经冶金部建筑研究总院和四川省机械化施工公司等单位实测表明,直径 $d=20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 的钢筋在榫头高度为 400mm 的情况下,平均焊接应力达到 $170\text{N/mm}^2\sim 230\text{N/mm}^2$,焊接应力占承载能力的比值为 5%~12%。但是,试验表明,在房屋建成后,由于接头处灰浆压实,

后浇混凝土的收缩和徐变,钢筋应力得到一定的放松,焊接应力有所降低。在外荷载加大时,钢筋中的拉应力不是一开始就和焊接应力叠加,而是在平衡了钢筋中的焊接应力后,钢筋应力才在原有焊接应力的基础上开始增加,构件的极限承载力不超过一定限值时,将不会影响接头承载能力。

3) 棒头高度 主要考虑焊接应力的影响。经观察,如棒头高度(钢筋自由长度)不小于 $23d$ ($d=30\text{mm}$)~ $25d$ ($d=20\text{mm}$) 时,柱体混凝土完好无拉裂现象。另外,还考虑到便于校正钢筋和后浇混凝土等因素,故确定棒头高度不应小于 500mm 和不宜小于 $25d$ 。

4) 棒头内配筋 不宜太密。网片要少放,否则施工制作不便,混凝土不易捣实。棒头内纵筋直径也不宜过大,否则因传力长度限制,钢筋强度不能充分发挥。

另外,需要说明的是,关于棒式柱连接使用阶段整体截面受压承载力计算,过去我国习惯于采用等效轴力的办法,将偏心受压截面转化为轴心受压进行验算。但是这样转换与实际受力状况有一定的出入,而且计算所得的抗力往往偏大。试验表明,棒式柱连接如采取后浇混凝土强度等级提高两级、接头处箍筋加密等构造措施,则连接处的实际抗力比柱体约高 $10\%\sim 20\%$,破坏均发生在柱体而不在连接处。因此,本规程规定,当符合构造要求时,棒式柱连接可不需进行使用阶段受压承载力计算。

8.3.2 本条依据《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)的有关说明。

浆锚式柱连接的特点是利用高强砂浆锚固柱纵向受力钢筋,取消了现场焊接和后浇混凝土,施工方便。这种连接多用于民用框架或轻板框架中。主要关键是浆锚孔和插筋的位置要准确并

保证浆锚质量。

对浆锚式柱连接,自 70~80 年代,苏州水泥制品研究所、北京市建筑设计研究院、河南建筑材料研究设计院等单位曾先后进行过多方面试验,包括:浆锚砂浆和浆锚钢筋锚固性能试验,浆锚式柱受压、受弯试验。试验表明,采用 $1:1$ 早强水泥砂浆或浇注水泥砂浆具有早硬早强和微膨胀性能,比普通硅酸盐水泥砂浆的抗拔力可提高 20% 左右,一天强度可达 20N/mm^2 。在采用这种砂浆、螺旋形浆锚孔、孔壁配环向箍筋的拔出试验中,当砂浆强度大于 30N/mm^2 时,平均粘结强度均大于 100N/mm^2 。采用 II 级钢筋锚固长度大于 $8d$ 的,钢筋均可达到屈服应力。如锚固长度大于 $15d$,则钢筋屈服后产生颈缩,最终拔出破坏。但是,在进行受弯试验时,由于弯矩的影响,受拉区开裂较早,弯曲受拉比轴心拔拉的极限承载力约低 20% 。河南建筑材料研究设计院进行的浆锚柱低周反复弯曲试验指出,其强度、延性和耗能特性均能满足抗震要求, μ_u 大于 4,极限荷载下反复循环 22 次,承载力只下降 12% 左右。但浆锚钢筋有 $0.02\text{mm}\sim 0.14\text{mm}$ 的滑移。为安全计,现规定浆锚式柱连接不得用于偏拉构件。

为保证浆锚插筋有可靠的约束,应在浆锚孔范围内设置必要的封闭加焊箍筋。箍筋末端应做成 135° 钩,并延伸到核芯区内锚固。本条规定的构造箍筋适用于插筋直径不宜大于 20mm 。如浆锚插筋直径大于 20mm 时,箍筋数量尚宜按下式做出计算:

$$A_{sh} = \frac{A_s f_y}{n f_{yv}}$$

式中 A_s ——一根插筋的截面面积;

A_{sh} ——一排箍筋的截面面积;

f_y ——插筋抗拉强度设计值;

f_y —— 箍筋抗拉强度设计值;

n —— 箍筋排数。

8.3.3 本条依据《钢筋混凝土装配整体式框架节点与连接设计规程》(CECS43)的有关说明。

插入式柱连接的特点是下柱做成杯口,上柱榫头插入杯口,接缝用高强水泥砂浆压力灌浆或自重挤浆填实形成刚性连接。它具有构造简单、预制及吊装方便,无焊接等优点。主要问题是在偏心力作用下,接缝处较易产生构造裂缝。根据试验资料,只要控制纵向力偏心距 $e_0 \leq 0.35h_0$,构造裂缝可以满足裂缝控制要求。故限于偏心距 $e_0 \leq 0.35h_0$ 的偏心受压柱段。

插入式柱连接在国内外已有工程使用经验。西安冶金建筑学院和西北电力设计院合作在 70 年代对插入式柱连接进行过较系统的轴压、偏压和反复荷载下的性能试验,试件达 33 个。试验表明,插入式柱连接的破坏形态主要是正截面破坏和斜截面破坏。根据试验结果,提出了合适的构造措施,提出了正截面承载力计算公式,对斜截面受剪承载力可通过构造来保证。另外,在接头区配置焊接封闭箍筋十分重要,它不仅可保证斜截面承载力还可以提高正截面承载力和延性。

榫头长度(l_k)主要满足纵向受拉钢筋的传力和锚固要求。当榫头较短($l_k \leq 0.6h_c$)时,在榫头受拉纵筋尚未屈服之前,接头已被掰开;当 $l_k = 0.6h_c$ 时,直到破坏,榫头和杯壁仍能很好共同工作;如榫头过长($l_k = 2h_c$),则受压杯壁较早破坏,反而不利。当榫头长度小于《混凝土结构设计规范》(GB 50010)规定的钢筋搭接长度时,根据试验经验,可将榫头内纵向钢筋弯向对边。

杯壁厚度(t_h 、 t_b),需综合考虑施工、强度、刚度和接缝张裂等因素,不宜太薄,否则浇混凝土困难。

竖缝宽度(c)不能过小,以免吊装插入困难;水平接缝(a)不宜过厚,因受力后产生横向变形,对承载力和刚度反而不利。

插入式柱连接使用阶段正截面(图 8.3.3-1 中的 1-1 截面)承载力计算时,当受拉区砂浆应力超过其抗拉强度或粘结强度时,可能出现构造裂缝,脱离工作。故计算截面有效高度时取榫头处的 h_{01} ,纵向力偏心距亦相应改变。又因 1-1 截面局部刚度有所减弱,其偏心距增大系数较整浇柱的 η 值略有增加,故将结果乘以 1.05 系数。

9 预制叠合剪力墙设计

9.1 一般规定

9.1.1~9.1.3 日本研究、应用技术资料规定预制剪力墙板混凝土可采用普通硅酸盐和人工轻骨料混凝土,普通混凝土设计基准强度 $24\text{N/mm}^2 \sim 36\text{N/mm}^2$,人工轻骨料混凝土设计基准强度 $24\text{N/mm}^2 \sim 27\text{N/mm}^2$,如以立方体抗压强度计,即相当我国规范的 C24~C36。此外,考虑到目前我国高层、小高层剪力墙混凝土常用强度等级为 C25 及以上,综合以上两方面因素,规定预制叠合剪力墙混凝土强度等级不宜低于 C30。同时为保证预制叠合剪力墙截面材质均匀,要求预制部分和现浇部分的混凝土强度等级保持一致。

对于混凝土结构构件的纵向受力钢筋,抗震规范推荐采用延性、韧性和可焊性较好的 HRB335、HRB400 级钢筋,与此对应,预制叠合剪力墙分布钢筋、叠合筋上弦筋宜采用 HRB335、HRB400 级钢筋,而对于预制叠合剪力墙叠合筋斜筋、边缘构件箍筋及拉结筋可采用 HPB235 级钢筋。

9.1.4 预制叠合剪力墙是实现剪力墙结构住宅产业化、工厂化生产的一种方式。和预制混凝土构件相同,预制叠合剪力墙的预制部分即预制剪力墙板在工厂加工制作、养护,达到设计强度后运抵施工现场,安装就位后和现浇部分整浇形成预制叠合剪力墙。带建筑饰面的预制剪力墙板不仅可作为预制叠合剪力墙的一部分参与结构受力,浇筑混凝土时还可兼作外墙模板,外墙立面也不需要二次装修,可完全省去施工外脚手架。这种 PCF 工法

节省成本、提高效率、保证质量,可明显提高剪力墙结构住宅建设的工业化水平。

9.1.5 剪力墙结构外墙采用预制叠合剪力墙可节省外墙外侧模板及外脚手架,提高建筑外饰品质,相比于内墙优势更为明显。因预制叠合剪力墙的受力变形过程、破坏模式和普通剪力墙相同,故剪力墙结构外墙采用预制叠合剪力墙不改变房屋主体的结构形式。

9.1.6 预制叠合剪力墙结构中普通剪力墙的设计、构造应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50011)、《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)及《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)的相关要求。

9.1.7 试验研究表明,预制叠合剪力墙的受力变形过程、破坏模式和普通剪力墙相同,且试验承载力大于与其有效厚度相当的普通剪力墙的计算承载力。因此,对于部分墙肢采用预制叠合剪力墙的剪力墙结构,在进行结构整体设计、计算时遵循和一般剪力墙结构相同的原则、标准,而预制叠合剪力墙的截面设计可采用和普通剪力墙相同的方法。

9.1.8 因试验数据有限且缺乏实际工程检验,安全起见对剪力墙结构中预制叠合剪力墙的数量加以限制,当结构外墙全部采用预制叠合剪力墙而筒体和一般剪力墙承受的第一振型底部地震倾覆力矩小于结构底部总地震倾覆力矩的 50% 时,应适当增加普通剪力墙的数量。

日本方面在进行预制叠合剪力墙设计时只考虑剪力作用,而不考虑轴向荷载及平面外弯矩。在较大轴向压力及平面外弯矩作用下,预制叠合剪力墙的整体性将削弱,因此对预制叠合剪力墙轴压比限制较普通剪力墙趋严,并应采取措施减小其平面外弯

矩,以保证预制叠合剪力墙的整体性及平面外安全。

9.1.9 预制叠合剪力墙的洞口布置,会极大地影响叠合剪力墙的力学性能。规则开洞,洞口成列、成排布置,能形成明确的墙肢和连梁时剪力墙应力分布比较规则,又与当前普遍应用程序的计算简图较为符合,设计结果安全可靠。错洞剪力墙应力分布复杂,计算、构造都比较复杂和困难。剪力墙底部加强部位,是塑性铰出现及保证剪力墙安全的重要部位,三级时不宜采用错洞布置。其他情况如无法避免错洞墙,宜控制错洞墙洞口间的水平距离不小于2m,设计时应仔细计算分析,并在洞口周边采取和普通剪力墙相同的构造措施。

9.1.10 预制叠合剪力墙结构应具有延性,细高的叠合剪力墙(高宽比大于2)容易设计成弯曲破坏的延性剪力墙,从而可避免脆性的剪切破坏。当墙的长度很长时,为了满足每个墙段高宽比大于2的要求,可通过开设洞口将长墙分成长度较小、较均匀的联肢叠合墙或整体叠合墙,洞口连梁宜采用约束弯矩较小的弱连梁(其跨高比宜大于6),使其可近似认为分成了独立墙段。此外,墙段长度较小时,受弯产生的裂缝宽度较小,墙体的配筋能够较充分地发挥作用,因此墙段的长度(即墙段截面高度)不宜大于8m。

9.1.11 预制叠合剪力墙和普通剪力墙一样,其特点是平面内刚度及承载力大,而平面外刚度及承载力都相对很小。当预制叠合剪力墙与平面外方向的梁连接时,会造成墙肢平面外弯矩,而一般情况下并不验算叠合墙平面外的刚度及承载力。当梁高大于2倍墙厚时,梁端弯矩对墙平面外的安全不利,因此应当采取措施,以保证预制叠合剪力墙平面外的安全。

本条所列措施,均可增大叠合墙墙肢抵抗平面外弯矩的能

力。另外,对截面较小的楼面梁可设计为铰接或半刚接,减小墙肢平面外弯矩。铰接端或半刚接端可通过弯矩调幅或梁变截面来实现,此时应相应加大梁跨中弯矩。

9.1.12 跨高比小于5的连梁,竖向荷载下的弯矩所占比例较小,水平荷载作用下产生的反弯使它对剪切变形十分敏感,容易出现剪切裂缝。本章针对连梁设计作了一些规定。当连梁跨高比不小于5时,竖向荷载作用下的弯矩所占比例较大,宜按框架梁设计。

9.1.13 参照一般剪力墙的抗震设计,为保证预制叠合剪力墙出现塑性铰后具有足够的延性,该范围内应当加强构造措施,提高其抗剪切破坏的能力。由于预制叠合剪力墙底部塑性铰出现都有一定范围,因此对其作了规定。一般情况下单个塑性铰发展高度为墙底截面以上墙肢截面高度 h_w 的范围,为安全起见,本条规定的加强部位范围适当扩大。

9.1.14 楼面主梁支承在连梁或框架梁上时,一方面主梁端部约束达不到要求,另一方面对支承梁不利,因此要尽量避免。楼面次梁支承在连梁或框架梁上时,次梁端部可按铰接处理。

9.1.15 梁与预制叠合剪力墙的连接有两种情况:当梁与墙在同一平面内时,多数为刚接,梁钢筋在墙内的锚固长度应与梁、柱连接时相同。当梁与墙不在同一平面内时,多数为半刚接,梁钢筋锚固应符合锚固长度要求;因预制叠合剪力墙现浇部分墙截面厚度较小,梁钢筋锚固的水平段可相应减小,但总长度应满足非抗震或抗震锚固长度要求。

9.1.16~9.1.17 预制叠合剪力墙的受力变形过程、破坏模式和普通剪力墙相同,仅制作过程和生产工艺不同;结构外墙采用预制叠合剪力墙、结构内墙和筒体采用普通剪力墙的预制叠合剪力

墙结构和普通剪力墙结构具有相同的结构特点,因此预制叠合剪力墙结构可采用和普通剪力墙结构相同的设计原则、方法和构造要求。预制叠合剪力墙的设计重点在于采取可靠的构造措施,保证预制部分和现浇部分具有良好的整体性,在参与结构受力时不发生沿叠合面及预制墙板拼缝的破坏。

预制叠合剪力墙由于存在拼缝,应取有效厚度参与结构整体计算。此外,预制叠合剪力墙以有效厚度计算的墙厚、截面承载力及分布钢筋配筋率除本章特别规定外和普通剪力墙一样应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)有关规定。

因构造及施工限制,目前预制叠合剪力墙的边缘构件及连梁均只能布置在现浇部分,当边缘构件及连梁纵筋采用套筒或其它可靠技术搭接并预埋箍筋时,也可将边缘构件及连梁的一部分置于预制部分。为方便施工,预制叠合剪力墙边缘构件及连梁的箍筋可采用组合式封闭箍筋,即箍筋可由两部分组成,一般有两种组成方式:一种是“一”形加“匚”组成封闭箍;一种是两个“L”形箍筋相扣组成封闭箍。预制叠合剪力墙墙板试验表明上述两种组合封闭箍筋能有效抗剪,并约束纵筋的变形、屈曲,限制混凝土的裂缝开展。

9.1.18 对于结构总高度不大于 60m、抗震等级为三级及以下的小高层、高层剪力墙结构,剪力墙的配筋主要由构造控制,同时结合《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)有关规定及日本的相关研究资料,规定预制叠合剪力墙以有效截面厚度计算的分布钢筋配筋率不应小于 0.25%,且当其位于加强区时,预制剪力墙板及现浇部分的水平及垂直分布钢筋分别不应小于 HRB400 ϕ 8@150,位于非加强区时分别不应小于 HRB400 ϕ 8@200。

9.2 构造要求

9.2.1 本条说明如下:

1)此处主要根据日本应用研究技术资料及我国抗震规范对钢筋混凝土结构的材料要求规定预制剪力墙板结构的材料种类及强度等级。

2)规定预制剪力墙板形状、尺寸及重量主要是考虑到制作、存放、吊装、运输及安装的方便。

为防止预制剪力墙板在存放、搬运及施工中损坏,规定了开洞预制剪力墙板洞口边至板边距离,洞口跨板边布置增加了拼缝处理难度,会降低预制叠合剪力墙的整体性,故加以限制。

预制剪力墙板端部进行 45°或 30°切角处理有利于浇筑混凝土后切角处被混凝土填充而形成拼缝补强钢筋的保护层,增加预制叠合剪力墙的有效厚度。为防止搬运及安装施工中损坏,切角后的预制剪力墙板端部不能太薄。预制剪力墙板内表面做成凹凸不小于 4mm 的人工粗糙面能有效增加预制剪力墙板和现浇混凝土骨料之间的咬合,提高预制叠合剪力墙的整体性。

3)预制剪力墙板的板厚主要根据日本的研究及应用资料确定,为保证预制剪力墙板的制作精度,板厚不能太小,同时在搬运及安装施工过程中板厚太小,易开裂损坏,板厚过大则易超重,增加施工难度。

4)日本的相关设计资料规定预制剪力墙板采用 ϕ 10 或 ϕ 13 (直径)的单一配筋,钢筋间距应在 200mm 以下,同时结合《建筑抗震设计规范》(GB 50011)及《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)对混凝土结构材料及剪力墙分布钢筋的配筋要求,规定预制剪力墙板分布钢筋应采用 HRB335 或 HRB400 级直径 ϕ 8 及以

上单一直径钢筋,钢筋间距不应大于 200mm。

钢筋的保护层厚度主要根据混凝土结构构件种类及所处环境类别确定,此处预制剪力墙板分布钢筋的保护层厚度取值主要根据日本研究资料及《混凝土结构设计规范》(GB 50011)要求综合确定。

规程正文中预制剪力墙板分布钢筋配计算公式(9.2.1)取自日本研究资料,其主要目的是使预制剪力墙板配筋与板厚匹配,不至于配筋偏少,并尽可能保证预制叠合剪力墙横截面材质均匀。

9.2.2 预制剪力墙板叠合筋的主要作用是连接预制叠合剪力墙预制部分(PCF板)和现浇部分,增强预制叠合剪力墙的整体性,同时保证预制剪力墙板在制作、吊装、运输及现场施工时有足够的强度和刚度,避免损坏、开裂。日本研究应用资料推荐采用三种形式的叠合筋,即:“O”形、“M”形和“K”形,其中“K”形叠合筋由上弦钢筋、下弦钢筋和斜筋三部分组成,其中斜筋和上弦钢筋、下弦钢筋焊接形成三角形桁架钢筋笼。因“K”形叠合筋制作相对简单、质量易保证、稳定性好,且其工作性能在预制叠合剪力墙试验中得到了验证,故此处推荐采用“K”形叠合筋。

叠合筋强度、规格的选用主要考虑以下因素:1)在预制剪力墙板脱模、存放、安装及浇筑混凝土时提供必要的强度和刚度,避免预制剪力墙板损坏、开裂;2)保证叠合剪力墙中预制剪力墙板和现浇部分具有良好的整体性;3)加工、制作方便。规程正文中表 9.2.2—1 中数据的提出主要借鉴了日本的试验研究及应用资料。

叠合筋横断面适用高度主要根据预制叠合剪力墙的常用厚度确定。为保证浇筑混凝土时具有良好的充盈度,叠合筋的上弦

筋内皮至预制剪力墙板内表面距离不能太小。此外,为保证预制剪力墙板和梁、柱相交处具有良好的整体性,叠合筋高度应能保证和梁、柱平行的上弦筋能锚固在梁、柱内部。叠合筋横断面宽度取值 80mm~100mm 及斜筋焊接节点间距取值 200mm 能保证叠合筋的高度、叠合筋三角形断面夹角、斜筋和上下弦钢筋的夹角适中,从而获得较好的支撑刚度。

叠合筋的配置借鉴日本的试验研究及应用资料确定,主要目的在于保证预制叠合剪力墙具有良好的整体性,避免出现界面破坏或预制剪力墙板边缘翘起现象。开洞预制剪力墙板制作时,洞口一般带加强翻边,此时叠合筋离洞边距离可从翻边内沿起算。

9.2.3 预制剪力墙板安装时拼缝宽度以施工方便、防水处理简单、不影响建筑饰面整体效果为宜,本条款推荐采用的拼缝宽度主要根据日本经验确定。

预制叠合剪力墙中预制剪力墙板拼缝处分布钢筋及叠合筋均不连续,为保证剪力的有效传递,应在现浇部分紧贴预制剪力墙板内侧设置短钢筋进行补强,补强筋数量根据等强原则确定,即单位长度配置的拼缝补强筋面积应不小于预制剪力墙板内对应范围内与补强筋平行的分布钢筋的面积,补强筋的位置应尽量靠近预制剪力墙板内侧,以利于截面内力的平稳、有效传递,并获得较大的截面有效高度。

因补强筋在拼缝处的作用相当于预制叠合剪力墙外侧分布钢筋,故其单侧长度应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)关于剪力墙分布钢筋搭接长度的要求,30d 为日本资料规定长度,此处取大值。

9.2.4 因预制剪力墙板板厚不能太大,为保证预制叠合剪力墙有效厚度适中并满足《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)对

剪力墙 160mm 的最小截面厚度要求,其现浇部分厚度不应小于 120mm,同时现浇部分板厚太小,会降低混凝土浇筑时的充盈度及浇筑质量,且不利于梁柱交接处的钢筋绑扎及锚固处理。

《建筑抗震设计规范》(DGJ08—9)及《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)要求剪力墙应设置边缘构件,开洞剪力墙应在洞口顶部布置连梁,且《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)规定剪力墙厚度不宜小于 160mm。本规程综合上述要求规定:当设置边缘构件及连梁时,预制叠合剪力墙现浇部分不应小于 160mm。

为保证预制叠合剪力墙截面的连续性 & 均匀性,现浇部分混凝土设计强度等级应和预制剪力墙板保持一致,并配置与之厚度相当的分布钢筋。

9.3 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计

9.3.1 预制剪力墙板作为预制叠合剪力墙的一部分,除应按本规程要求进行结构整体设计、构件截面设计并符合相应的构造要求外,其本身作为预制构件,还必须进行制作、存放、施工安装设计、验算,以避免在制作及安装施工过程中损坏、开裂。

9.3.2 预制剪力墙板脱模、存放及施工设计时的工况荷载取值主要借鉴日本的应用、研究资料确定。

9.3.3 预制剪力墙板截面承载力计算主要以单根叠合筋和钢筋混凝土板形成的等效组合梁为单元进行,等效组合梁的截面参数及有效宽度按以下各式计算确定:

A. 中性轴距离及惯性矩

单根叠合筋和预制剪力墙板混凝土组成的组合梁中性轴距离及惯性矩计算见图 9-1 及式(9-1)、式(9-2)。

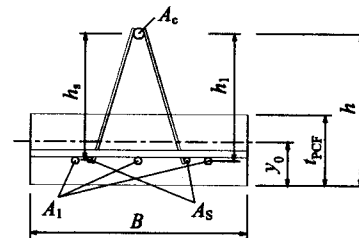


图 9-1 单根叠合筋形成的组合梁横截面简图

$$y_0 = h - \frac{B \cdot t_{PCF} \cdot (h - t_{PCF}/2) + (A_1 h_1 + A_s h_s)(\alpha_E - 1)}{B \cdot t_{PCF} + (A_1 + A_s)(\alpha_E - 1) + A_c \cdot \alpha_E} \quad (9-1)$$

$$I_0 = A_c \cdot \alpha_E (h - y_0)^2 + [\{y_0 - (h - h_1)\}^2 A_1 + \{y_0 - (h - h_s)\}^2 A_s](\alpha_E - 1) + (y_0 - t_{PCF}/2)^2 B \cdot t_{PCF} + \frac{1}{12} B t_{PCF}^3 \quad (9-2)$$

式中 A_c ——上弦筋面积;
 A_s ——下弦筋面积;
 A_1 ——板宽 B 范围内与叠合筋平行的板内分布钢筋配筋面积;
 h_1 ——与叠合筋平行的板内分布钢筋形心到上弦筋形心的距离;
 h_s ——下弦筋和上弦筋的形心距离;
 t_{PCF} ——预制剪力墙板板厚;
 h ——预制剪力墙板断面板底至至上弦筋形心的距离;
 B ——预制剪力墙板有效板宽,按式(9-5)计算确定;
 α_E ——钢筋与预制剪力墙板混凝土的弹性模量之比, $\alpha_E = E_s/E_c$;
 E_s ——钢筋的弹性模量;

E_c ——混凝土的弹性模量；

h ——预制剪力墙板断面板底至上弦筋形心的距离。根据叠合筋下弦筋与预制剪力墙板分布钢筋位置关系的不同，分别按图 9-2 及式(9-3a)、(9-3b)计算。

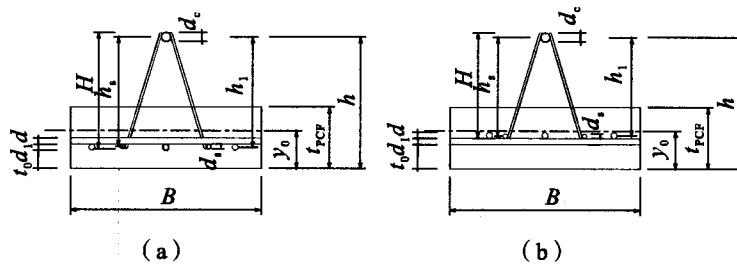


图 9-2 预制剪力墙板高度 h 的确定

对于图 9-2(a)中情况：

$$\left. \begin{aligned} h &= t_0 + d_1 + H - d_s - d_c/2 \\ h_1 &= h - t_0 - d_1/2 \\ h_s &= H - (d_c + d_s)/2 \end{aligned} \right\} \quad (9-3a)$$

对于图 9-2(b)中情况：

$$\left. \begin{aligned} h &= t_0 + d + H - d_c/2 \\ h_1 &= h - t_0 - d - d_1/2 \\ h_s &= H - (d_c + d_s)/2 \end{aligned} \right\} \quad (9-3b)$$

式中 d_1 ——预制剪力墙板中与叠合筋平行方向的分布钢筋直径；

d ——预制剪力墙板中与叠合筋垂直方向的分布钢筋直径；

d_c ——上弦筋直径；

d_s ——下弦筋直径；

t_0 ——PCF底面至板内底层分布钢筋外皮距离，见图 9-2；

H ——叠合筋外包高度；

其它符号含义同式(9-1)、(9-2)。

B. 截面受拉边缘弹性抵抗矩

等效组合梁相对于中性轴的截面受拉边缘弹性抵抗矩计算如下：

组合梁对应于上弦筋受拉边缘的弹性抵抗矩， $W_c = I_0 / (h - y_0)$ ；

组合梁预制剪力墙板混凝土受拉边缘的弹性抵抗矩， $W_0 = I_0 / y_0$ 。

不考虑叠合筋时预制剪力墙板混凝土受拉边缘的弹性抵抗矩：

$$W = \frac{b \cdot t_{PCF}^2}{6} \quad (9-4)$$

式中 b ——板宽，一般取 1m 板宽计算；

t_{PCF} ——预制剪力墙板板厚。

C. 组合梁有效宽度 B

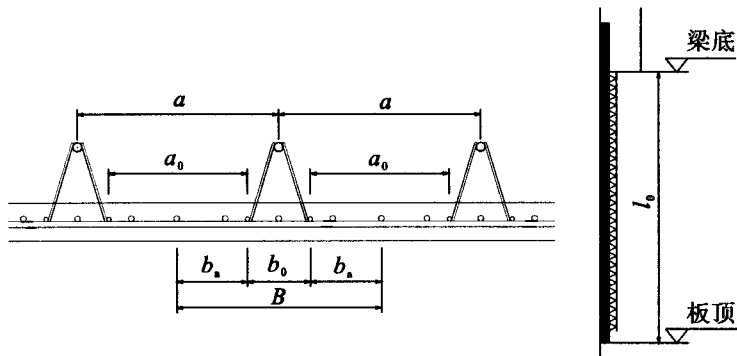


图 9-3 组合梁翼缘有效宽度计算

组合梁有效宽度 B 按式(9-5)计算确定:

$$B = \sum b_s + b_0 \quad \text{但 } B \leq a \quad (9-5)$$

此处:当 $a_0 < l_0$ 时, $b_s = (0.5 - 0.3a_0/l_0)a_0$;

当 $a_0 \geq l_0$ 时, $b_s = 0.2l_0$;

式中 b_0 ——下弦筋形心间距;

a_0 ——相邻叠合筋下弦筋形心间距;

l_0 ——预制剪力墙板净高。

本条其它分别说明如下:

1) 预制剪力墙板混凝土的开裂弯矩分两种情况:一种是考虑叠合筋贡献时预制剪力墙板混凝土受拉开裂对应的弯矩 M_{cr} ;另一种是不考虑叠合筋贡献时预制剪力墙板受拉开裂对应的弯矩 M_{cr} 。二者对应不同的荷载工况,计算时采用不同的截面受拉边缘弹性抵抗矩。

2) 预制剪力墙板上弦筋屈服弯矩计算公式中的数字 1.5 为施工时考虑的安全系数,根据日本的应用研究资料确定。

3) 预制剪力墙板上弦筋失稳弯矩根据上弦筋的应力水平及水平段无支长度计算,日本的试验研究资料表明,按规程正文公

式(9.3.3-4)计算上弦筋失稳弯矩安全可靠。

4) 预制剪力墙板下弦筋及板内分布钢筋屈服弯矩计算公式中的数字 1.5 为施工时考虑的安全系数,根据日本的应用研究资料确定。

5) 日本研究资料表明,斜筋失稳后预制剪力墙板力学性能急剧降低,因此必须对预制剪力墙板在制作、存放及安装过程斜筋剪力进行验算,并注意控制不超过其失稳剪力。叠合筋斜筋失稳剪力主要根据斜筋应力水平及无支长度计算,计算公式中的 1.5 为安全系数,由日本试验资料确定。

9.3.4~9.3.5 为避免预制剪力墙板在脱模、存放、安装过程中损坏、开裂,需根据预先选取的支点位置对预制剪力墙板混凝土开裂弯矩、上弦筋受拉屈服弯矩、上弦筋失稳弯矩、预制剪力墙板分布钢筋屈服弯矩及斜筋失稳剪力进行计算,并使其满足本规程正文 9.3.4~9.3.5 有关规定。

当不满足规程正文 9.3.4~9.3.5 有关规定时,应对支点位置或拉结螺杆间距进行调整。对于预制剪力墙板在脱模、存放、安装过程中支点位置确定后(见图 9-4)的预制剪力墙板截面内力计算分别见图 9-5~9-9 及式(9-6~9-13)。

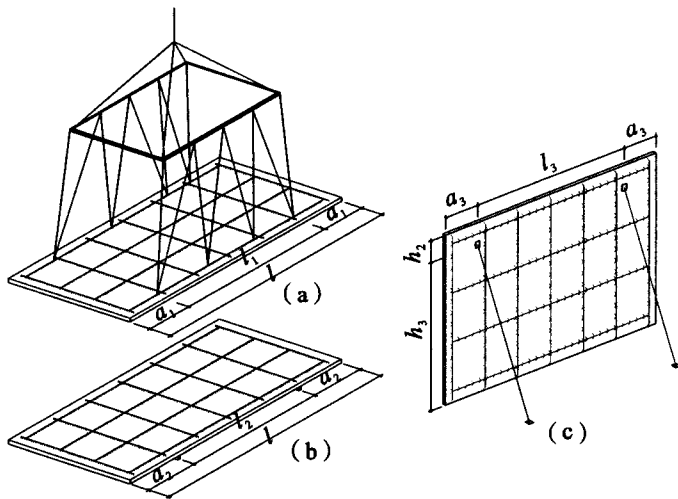


图 9-4 预制剪力墙板的脱模、存放及安装

(a)脱模；(b)存放；(c)安装

预制剪力墙板脱模时主要受板自重及吸附力作用,此时计算荷载 q_m 为板自重 q_d 加脱模吸附力 q_r 之和,即 $q_m = q_d + q_r$,内力计算简图见图 9-4 及图 9-5。

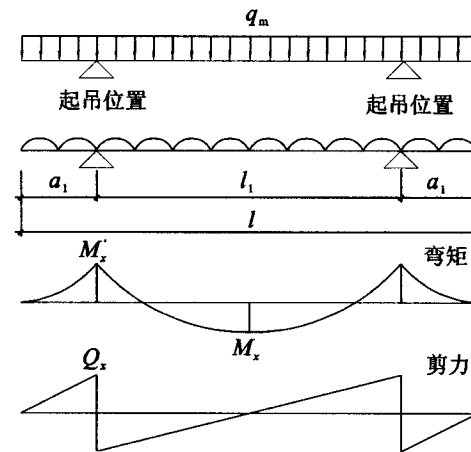


图 9-5 预制剪力墙板脱模时内力计算简图

$$M_x = \frac{q_m}{8} (l_1^2 - 4 \cdot a_1^2) \cdot B \quad (9-6a)$$

$$M'_x = \frac{q_m}{2} a_1^2 \cdot B \quad (9-6b)$$

$$Q_x = q_m (l/2 - a_1) \cdot B \quad (9-6c)$$

式中 l —— 预制剪力墙板长；

l_1 —— 起吊点间距；

a_1 —— 起吊点离板端距离, $a_1 = (l - l_1)/2$, 且 $l/5 \leq a_1 \leq l/4$ ；

B —— 预制剪力墙板单根叠合筋对应的组合梁有效宽度。

预制剪力墙板存放时主要受板自重作用,此时计算荷载 q_p 取板自重 q_d 的 1.2 倍,即: $q_m = 1.2q_d$, 内力计算简图见图 9-4 及图 9-6。

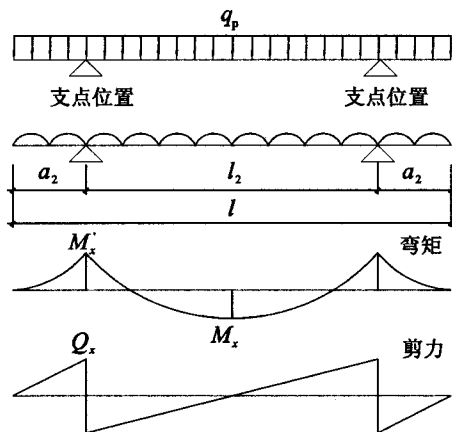


图 9-6 预制剪力墙板存放时内力计算简图

$$M_x = \frac{q_p}{8} (l_1^2 - 4 \cdot a_2^2) \cdot B \quad (9-7a)$$

$$M'_x = \frac{q_p}{2} a_2^2 \cdot B \quad (9-7b)$$

$$Q_x = q_p (l/2 - a_2) \cdot B \quad (9-7c)$$

式中 l —— 预制剪力墙板长;

l_2 —— 支点间距;

a_1 —— 支点离板端距离, $a_1 = (l - l_2)/2$, 且 $l/5 \leq a_2 \leq l/4$;

B —— 预制剪力墙板单根叠合筋对应的组合梁有效宽度。

预制剪力墙板现场安装就位后、浇筑混凝土前主要承受风荷载作用,其内力计算简图见图 9-4 及图 9-7。此时,计算荷载 q_w 取值如下:

$$q_w = \frac{\nu^2}{25} \sqrt{h_0} \quad (9-8)$$

式中 ν —— 风速(m/秒,一般取 20m/s);

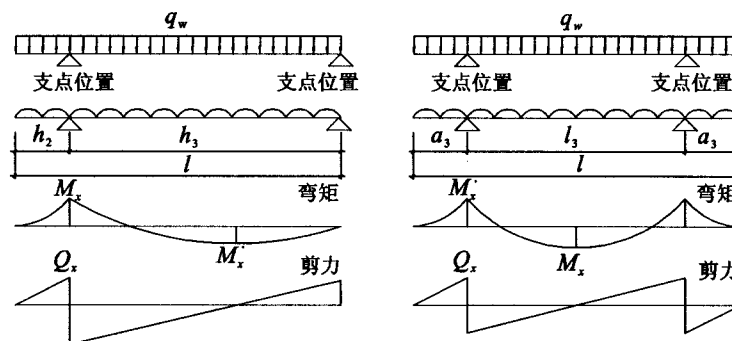
h_0 —— 安装处离室外地面高度(m)。

1) 竖向

$$M_x = \frac{q_w}{2} \cdot h_2^2 \cdot (l_3 + 2a_3)/n_x \quad (9-9a)$$

$$M'_x = M_h \cdot q_w \cdot h_3^2 \cdot (l_3 + 2a_3)/n_x - M_x/2 \quad (9-9b)$$

$$Q_x = \max[Q_h \times (h_3, h_2)] \times q_w \cdot (l_3 + 2a_3)/n_x \quad (9-9c)$$



(a) 竖向

(b) 水平向

图 9-7 预制剪力墙板安装时内力计算简图

2) 水平向

$$M_x = \frac{q_w}{2} \cdot a_3^2 \cdot (h_2 + h_3)/n_y \quad (9-10a)$$

$$M'_x = M_l \cdot q_w \cdot h_3^2 \cdot (h_2 + h_3)/n_y - M_x \quad (9-10b)$$

$$Q_x = \max[Q_l \times (h_3, h_2)] \times q_w \cdot (h_2 + h_3)/n_y \quad (9-10c)$$

式中 a_3, h_2 —— 支点离板端距离;

l_3, h_3 —— 支点间距, 见图 9-4;

M_h, M_l —— 竖向及水平向弯矩系数, 由图 9-8 确定;

Q_h, Q_l —— 竖向及水平向剪力系数, 由图 9-8 确定;

n_x, n_y —— 单块预制剪力墙板水平及竖向叠合筋根数。

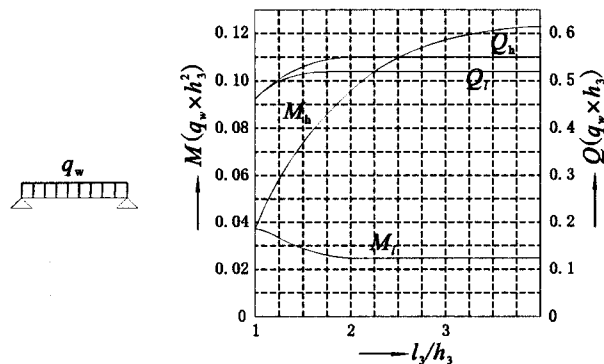


图 9-8 预制剪力墙板安装时风荷载作用下的弯矩、剪力系数

浇筑混凝土时预制剪力墙板主要混凝土浆料侧向压力作用,此时计算荷载取单位宽度(1m)内混凝土的侧压力 q_c , q_c 取式(9-11)和式(9-12)中的较小值。

$$q_c = \rho_c \cdot h_1 \quad (9-11)$$

式中 ρ_c ——混凝土浆料容重;

h_1 ——混凝土浇筑高度(m)。

$$q_c = 0.22 \rho_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{\frac{1}{2}} \quad (9-12)$$

式中 ρ_c ——混凝土浆料容重;

t_0 ——新浇混凝土的初凝时间(h),可按实测确定。当缺

乏试验资料时,可根据 $t_0 = \frac{200}{T+15}$ 计算确定;

T ——混凝土的温度($^{\circ}$);

V ——混凝土的浇筑速度(m/h);

β_1 ——外加剂影响修正系数,不掺外加剂时取 1.0;掺具有缓凝作用的外加剂时取 1.2;

β_2 ——混凝土塌落度影响修正系数,当塌落度小于 30mm 时,取 0.85; 50mm~90mm 时,取 1.0; 110mm~

150mm 时,取 1.15。

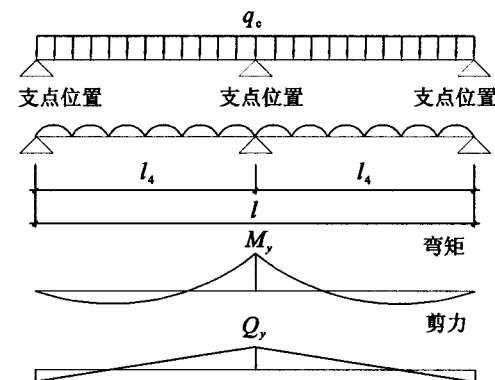


图 9-9 浇筑混凝土时预制剪力墙板内力计算简图

$$M_y = \frac{q_c l_4^2}{8} \quad (9-13a)$$

$$Q_y = \frac{5}{8} q_c \cdot l_4 \quad (9-13b)$$

式中 l_4 ——施工现场拉接螺杆间距。

预制剪力墙板脱模、存放及施工安装支点设计一般可采用试算法按图 9-10 流程进行。

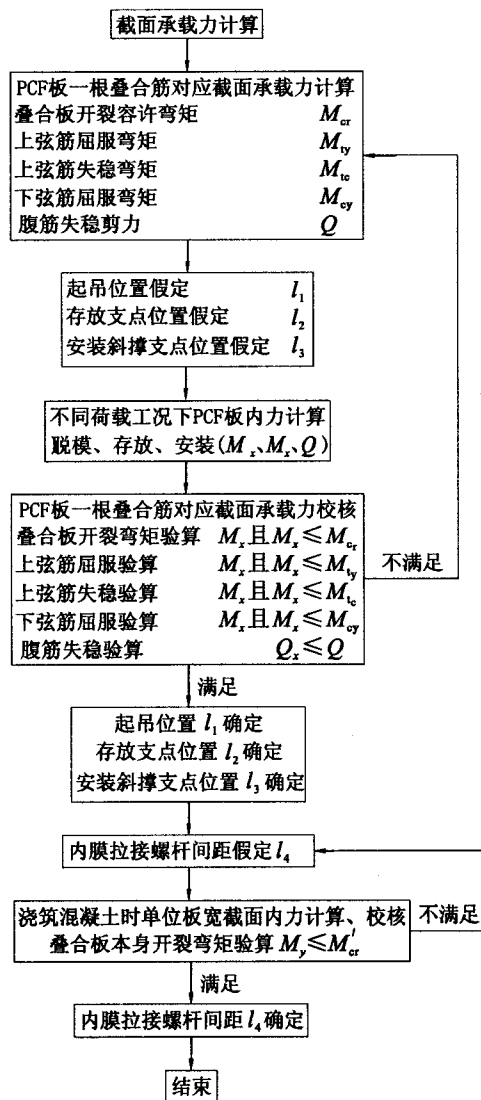


图 9—10 预制剪力墙板脱模、存放及施工安装支点设计流程

10 预制保温外墙设计

10.1 一般规定

10.1.4 根据《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134) 及《住宅建筑围护结构节能应用技术规程》(DG/TJ08—206)的要求确定保温墙体的节能设计指标。墙体平均传热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$ 与热惰性指标(D)值相互对应,分别反映墙体的传热和抵抗波动热作用的能力,即保温和隔热的性能。 K_m 值是根据围护结构的节能目标确定的,控制 D 值是为了防止因采用轻型结构致 D 值偏小,东、西向外墙在夏季的内表面温度波幅过大。

10.1.5 连接件材料为纤维增强塑料(FRP)。热工试验与力学性能试验表明,采用片状 FRP 连接件可有效避免墙体在连接件部位产生冷(热)桥,减小墙体的传热系数,增强保温效果,抗剪承载力高,整体性好。故推荐使用片状 FRP 连接件。实际工程中,宜优先采用在上海市有成熟应用经验的连接件。

10.2 墙体连接件设计

10.2.1 预制保温墙体的 FRP 连接件宜采用拉挤成型工艺制作。FRP 的纤维铺层应采用单向粗纱、连续纤维毡、±45 度多轴向布复合铺设。为加强连接件的锚固性能,连接件应设计为不规则截面。

10.3 墙体设计

10.3.1 预制保温墙体是建筑物的外围护构件,主要承受自重、直接作用于其上的风荷载和地震作用,以及温度作用。其墙体与主体结构连接须具有一定的变形能力以适应主体结构的位移;当主体结构在外力作用下产生位移时,不应使墙体产生过大内力。

10.3.6 当墙体在两个方向均产生挠度时,应分别计算各方向的挠度 U_x 、 U_y , U_x 和 U_y ,均不应超过挠度允许值。

10.3.8 在《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)中规定,当地震作用与风同时考虑时,风荷载的组合值系数取为 0.2。由于预制保温墙体属于建筑外围护构件,受风、温度的变化影响较为显著,所以第二、第三个可变效应的组合系数分别取为 0.6、0.2,较《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9)的取值高。

10.4 构造要求

10.4.2 试验表明,片状 FRP 连接件在墙体中采用纵横交替布置,可使墙体在两个方向受力均匀。根据国外相关资料显示,连接件的布置间距范围为 400mm~1000mm。采用片状连接件布置间距一般采用 500mm。

10.4.3 预制保温墙体在制作过程中需要预埋管线,根据实际工程经验,预制保温墙体的内层混凝土板厚度一般不小于 50mm,外墙混凝土板厚度不小于 60mm。

10.4.4 连接件是连接预制保温墙体保温层两侧混凝土板的关键构件,主要作用传递两片墙板间的纵向剪力,保证预制保温墙体的整体性。为了确保墙体在高温环境时连接件强度失效,国外相关资料显示连接件距混凝土外边缘的距离一般不低于 25mm。

附录 A 预制多螺箍框架柱设计

结构构件全预制是预制装配式住宅工业化的必然趋势,各种不同构造类型和生产工艺的预制构件将会得到充分的研究和发展。本附录提供其中一种预制框架柱的设计方法,是由于预制多螺箍框架柱的工程应用比较成熟,在台湾、上海、江苏等省市已有大量工程应用,并且在上海已经建有预制构件厂。

A.1 一般规定

A.1.1 规定一次成型的预制柱总长小于 14m,是考虑到制作、运输和安装的设备吨位等条件限制。

A.1.2 预制多螺箍柱适合采用套筒连接器连接,对套筒材质的力学性能和灌注砂浆的各项性能有严格要求,其中灌注套筒用无收缩连接砂浆性能指标值参考 ASTM C109 和 ASTM C827 的有关规定。灌浆套筒连接的钢筋接头在国内尚未广泛应用,但预制构件主筋连接采用灌浆套筒连接是必然趋势,钢筋接头的机械和力学性能指标的要求和检验方法可参考《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定。同济大学依据《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关要求对灌浆套筒连接钢筋接头进行过试验研究,结果表明送样试件的性能指标符合钢筋连接设计要求。

A.1.3 全预制装配整体式框架结构的整体结构计算分析和设计均与现浇柱叠合预制梁框架结构相同,在进行预制多螺箍柱设计时的一些补充规定见 A.2。

A.1.4 预制多螺箍框架节点设计与现浇柱叠合预制梁框架结构

基本相同,其节点构造形式也与现浇柱叠合预制梁框架结构节点大同小异。

A.2 设计补充规定

A.2.1 因预制柱主筋摆放位置的限制,故特别注明预制多螺箍柱钢筋保护层厚度应符合现行设计规范要求。

A.2.2 由于预制多螺箍柱主筋摆放位置受到螺旋箍的限制,其截面有效高度 h_0 一般比相同柱截面尺寸的方形箍筋小,图 A.2.2—1 给出两种典型的多螺箍柱的截面配筋形式,最终 h_0 的取值应通过不断调整主筋数量及位置确定。在进行截面承载力电算设计时,可以通过调整钢筋保护层厚度来输入 h_0 。

A.2.3 因小螺箍未在柱全截面范围内形成封闭抗剪箍筋,所以在进行预制多螺箍柱斜截面抗剪承载力设计计算时,不考虑小螺箍的贡献。

A.2.4 《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)对框架柱的体积配箍率有相应要求,由于箍筋型式不同,这里特别指明预制多螺箍柱体积配箍率的计算方法。

A.3 预制多螺箍柱构造要求

A.3.1 框架柱节点核心区有多根预制梁主筋交叉放置,同时要考虑叠合梁主筋在节点的锚固,所以预制柱截面不宜过小,认为边长不小于 600mm 比较合适。

A.3.2 套筒连接器的位置紧贴楼面,主筋连接在同一断面上利于预制柱的制作和安装施工,可靠连接的灌浆套筒钢筋连接接头在同一断面上不削弱柱截面的承载能力。

A.3.3 此条为多螺箍筋端部锚固的构造要求。

A.3.4 在计算得到预制柱主筋截面的总面积后,由于主筋摆放位置的限制以及不宜使用过多的主筋接头,小直径钢筋的使用受到限制,往往造成纵向钢筋间距小于《建筑抗震设计规程》(DGJ08—9)规定的间距要求,此时布设构造钢筋可以满足设计规范要求。

A.3.5 相邻套筒的间距的限值是为了方便梁柱节点的现场施工,保证梁柱节点区的混凝土密实度和浇捣质量,对套筒区箍筋间距的限值有助于减小套筒区套筒和混凝土之间产生的应力集中。