

重庆市工程建设标准

装配式钢-混凝土混合结构技术标准

Technical standard for assembled steel-concrete
mixed structures

DBJ50/T-477-2024

主编单位:重 庆 大 学

重庆恒昇大业智能建造科技有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2 0 2 4 年 0 9 月 0 1 日

2024 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标[2024]17号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《装配式钢-混凝土混合结构技术标准》 的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建设局、双桥经开区建设局、经开区生态环境建设局,各有关单位:

现批准《装配式钢-混凝土混合结构技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-477-2024,自 2024 年 9 月 1 日起施行。标准文本可在标准施行后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆大学负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2024 年 6 月 3 日

重庆工程建设

前 言

本标准是编制组根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2018 年度重庆市工程建设标准制订修订项目计划(第二批)的通知》(渝建〔2018〕655 号)要求,经广泛调查研究,开展基础试验研究,认真总结实际工程经验,参考国内外相关规范标准,并在广泛征求意见的基础上编制而成。

本标准的主要技术内容包括:1. 总则;2. 术语和符号;3. 结构设计基本规定;4. 材料;5. 作用和作用组合;6. 结构计算分析;7. 框架结构设计;8. 交错桁架结构设计;9. 框架-剪力墙及筒体结构设计;10. 支撑巨型框架-核心筒结构设计;11. 楼盖设计;12. 装配式连接与节点设计;13. 结构防护;14. 生产和运输;15. 施工;16. 质量验收。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,由重庆大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送重庆大学土木工程学院(地址:重庆市沙坪坝区重庆大学 B 区第二综合教学楼 1501,邮编 400045)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主 编 单 位：重庆大学

重庆恒昇大业智能建造科技有限公司

参 编 单 位：中冶赛迪工程技术股份有限公司

重庆恒昇大业建筑科技集团有限公司

重庆恒昇大业建筑设计有限公司

重庆市涪陵区大业建材有限公司

重庆市恒昇大业建设工程有限公司

中建科技集团有限公司

重庆城市科技学院

中国建筑材料科学研究总院有限公司

重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司

主要起草人员：刘界鹏 李 江 单文臣 王 涛 姜凯旋

杜和醅 胡少伟 齐宏拓 陶 修 赵 轩

胡朝晖 邓玉孙 滕 跃 邵培柳 李明春

黄绸辉 赵顺增 李 刚 古 龙 杨秀川

聂 影 齐 浩 张 勇

主要审查人员：杨 越 汤启明 江世永 肖正直 杨长辉

龚文璞 沈治宇

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	结构设计基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	房屋适用高度和高宽比	6
3.3	结构平面布置	7
3.4	结构竖向布置	8
3.5	抗震等级	8
3.6	水平位移限值和舒适度要求	9
3.7	构件承载力设计	11
4	材料	13
4.1	钢筋与混凝土	13
4.2	钢材和连接材料	13
5	作用和作用组合	15
5.1	作用取值	15
5.2	作用组合及其效应	15
6	结构计算分析	16
6.1	一般规定	16
6.2	计算参数及内力调整	17
6.3	罕遇地震作用下变形验算	20
7	框架结构设计	21
7.1	一般规定	21

7.2	钢构件	21
7.3	钢-混凝土组合梁	22
7.4	钢管混凝土柱	22
7.5	钢管约束混凝土柱	24
8	交错桁架结构设计	26
8.1	一般规定	26
8.2	结构分析与计算	26
8.3	构件设计与构造	27
9	框架-剪力墙及筒体结构设计	29
9.1	一般规定	29
9.2	混凝土剪力墙与筒体设计及构造	31
10	支撑巨型框架-核心筒结构设计	32
11	楼盖设计	34
11.1	一般规定	34
11.2	钢筋桁架混凝土叠合板楼盖	35
11.3	预应力混凝土叠合板楼盖	36
11.4	预应力混凝土空心板楼盖	38
11.5	压型钢板楼盖	38
11.6	钢筋桁架楼承板楼盖	41
11.7	预应力混凝土双 T 板楼盖	41
11.8	楼盖振动舒适度	45
12	装配式连接与节点设计	47
12.1	一般规定	47
12.2	钢梁-柱框架节点	47
12.3	混凝土梁-柱框架节点	48
12.4	梁墙的连接	55
12.5	竖向构件间的连接	55
12.6	柱脚	56
13	结构防护	61

13.1	防火规定	61
13.2	防腐规定	61
14	生产和运输	62
14.1	一般规定	62
14.2	构件生产	63
14.3	包装、运输与堆放	64
15	施工	65
15.1	一般规定	65
15.2	钢结构施工	67
15.3	混凝土结构施工	68
16	质量验收	70
16.1	一般规定	70
16.2	钢结构工程质量验收	70
16.3	混凝土结构工程质量验收	71
本标准用词说明		72
引用标准名录		73
条文说明		75

重庆工程建设

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	General requirements for structural design	5
3.1	General	5
3.2	Height and aspect ratio limitations	6
3.3	Structural plan layout	7
3.4	Structural vertical arrangement	8
3.5	Seismic design grade of structural members	8
3.6	Limitations for story drift and comfort	9
3.7	Strength design of members	11
4	Material	13
4.1	Steel reinforcement and concrete	13
4.2	Structural steel and connections	13
5	Loads and combination of loads	15
5.1	Values of loads	15
5.2	Combinations and action of loads	15
6	Structural analysis	16
6.1	General	16
6.2	Analysis parameters and internal forces	17
6.3	Check of story drift under rare earthquake	20
7	Design of frame structure	21
7.1	General	21

7.2	Steel components	21
7.3	Steel-concrete composite beam	22
7.4	Concrete filled steel tubular columns	22
7.5	Steel tube confined concrete columns	24
8	Design of staggered truss steel framing system	26
8.1	General	26
8.2	Structural analysis	26
8.3	Design and detailings of components	27
9	Design of frame-shear wall/tube structure	29
9.1	General	29
9.2	Design and detailing of RC shear wall and RC tube	31
10	Design of braced mega frame-tube structure	32
11	Design of diaphragm system	34
11.1	General	34
11.2	Reinforced truss concrete composite slab	35
11.3	Prestressed concrete composite slab	36
11.4	Prestressed concrete hollow core slab	38
11.5	Profiled steel plate slab	38
11.6	Steel-bars truss deck slab	41
11.7	Prestressed concrete double-T slab	41
11.8	Floor vibration serviceability	45
12	Design of prefabricated connections and joints	47
12.1	General	47
12.2	Frame joint of steel beam-various type of columns	47
12.3	Frame joint of RC beam-various type of columns	48
12.4	Connections for beams and walls	55

12.5	Connections for vertical components	55
12.6	Column footing	56
13	Protections of structures	61
13.1	Fire resistance	61
13.2	Corrosion prevention	61
14	Manufacture and transportation	62
14.1	General	62
14.2	Manufacture of structural components	63
14.3	Packaging, transportation and stacking	64
15	Construction	65
15.1	General	65
15.2	Construction of steel structure	67
15.3	Construction of RC structure	68
16	Quality acceptance	70
16.1	General	70
16.2	Quality acceptance of steel structure project	70
16.3	Quality acceptance of RC structure project	71
	Explanation of Wording in this standard	72
	List of quoted standards	73
	Explanation of provisions	75

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为在建筑工程中合理应用装配式钢-混凝土混合结构技术,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于抗震设防烈度为 6 至 7 度抗震设计的装配式混合结构,其适用的房屋最大高度和结构类型应符合本标准的有关规定。

1.0.3 装配式钢-混凝土混合结构的设计、生产、施工及验收除应符合本标准外,尚应符合国家、行业及重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 钢-混凝土混合结构 steel-concrete mixed structure

由钢构件、钢筋混凝土构件、钢与混凝土组合构件中的两种及以上构件组成的结构,简称“混合结构”。

2.1.2 钢-混凝土组合构件 steel-concrete composite component

由型钢、钢管或钢板与混凝土组合而成并能共同受力的结构构件,包括组合梁、钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱、型钢混凝土柱、钢板混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板组合剪力墙等,简称“组合构件”。

2.1.3 交错桁架结构 straggered truss system

由框架柱、横向平面桁架和楼板组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.4 双重抗侧力体系 dual system

由两种或两种以上受力、变形性能不同的抗侧力结构单元组成并共同承受层间水平剪力的结构体系,包括框架-剪力墙、框架-核心筒等体系,其中框架部分承受的地震层剪力应符合本标准双重抗侧力体系的规定。

2.1.5 单重抗侧力体系 single system

主要由一种抗侧力结构单元承担水平地震作用的结构体系。

2.1.6 钢板组合剪力墙 steel plate and concrete composite shear wall

由两侧外包钢板和中间内填混凝土组合而成并共同工作的

钢板剪力墙。

2.1.7 开孔钢板连接件 perfobond connector

在钢板上开孔作为组合构件和混合结构的剪力连接件。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

F_{Ehk} ——施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值；

G_k ——外挂墙板的重力荷载标准值；

N ——轴向力设计值；

S ——荷载组合的效应设计值；

S_{Eh} ——水平地震作用组合的效应设计值；

S_{Ev} ——竖向地震作用组合的效应设计值；

S_{Ehk} ——水平地震作用组合的效应标准值；

S_{Evk} ——竖向地震作用组合的效应标准值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

V_{jd} ——持久设计工况下接缝剪力设计值；

V_{jdE} ——地震设计工况下接缝剪力设计值；

V_{ma} ——构件端按实配面积的斜截面受剪承载力设计值；

V_u ——持久设计工况下接缝受剪承载力设计值；

V_{uE} ——地震设计工况下接缝受剪承载力设计值；

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数；

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数；

γ_G ——永久荷载分项系数；

γ_w ——风荷载分项系数。

2.2.3 几何参数

B ——建筑平面宽度；

L ——建筑平面长度。

2.2.4 计算系数及其他

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；

γ_0 ——结构重要性系数；

Δu ——楼层层间最大位移；

η_1 ——接缝受剪承载力增大系数；

Ψ_w ——风荷载组合系数。

3 结构设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 混合结构建筑应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度和特征周期表征,按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的规定确定其抗震设防分类和设防标准。

3.1.2 混合结构可采用混合框架、交错桁架混合框架、框架-剪力墙和筒体结构体系。

其中框架-剪力墙结构和筒体结构中,框架可以采用钢框架或混合框架,剪力墙可以采用钢筋混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙或钢板组合剪力墙,核心筒可以采用钢筋混凝土核心筒、型钢钢筋混凝土核心筒或钢板组合核心筒。

3.1.3 混合结构的布置宜使结构具有合理的刚度和承载力分布。

3.1.4 混合结构的建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体的规则性。不规则的建筑方案应按规定采取加强措施;特别不规则的建筑方案应进行专门研究和论证,采用特别的加强措施;严重不规则的建筑方案不应采用。

3.1.5 混合结构的布置应符合下列规定:

- 1 应具有明确的计算简图和合理的传力路径;
- 2 应具有必要的承载能力、刚度和变形能力;
- 3 应避免因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失承受重力荷载、风荷载和地震作用的能力;

4 结构的竖向和水平布置宜使结构具有合理的刚度和承载力分布,避免因刚度和承载力突变或结构扭转效应而形成薄弱部位;

5 对可能出现的薄弱部位,应采取有效措施予以加强。

3.2 房屋适用高度和高宽比

3.2.1 混合结构不同结构类型的建筑最大适用高度应满足表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 混合结构建筑的最大适用高度 (m)

结构类型		抗震设防烈度	
		6 度	7 度
框架	钢梁-钢筋(型钢)混凝土柱	60	50
	钢梁(组合梁、钢筋混凝土梁)- 钢管(钢管约束)混凝土柱	70	60
交错桁架		100	80
框架-剪力墙	钢框架-混凝土剪力墙	150	130
	钢框架-型钢混凝土剪力墙	170	150
	混合框架-钢板组合剪力墙	170	150
	混合框架-混凝土剪力墙	170	150
	混合框架-型钢混凝土剪力墙	190	160
筒体	钢框架-钢板组合核心筒	200	160
	钢框架-混凝土核心筒	200	160
	钢框架-型钢混凝土核心筒	220	180
	混合框架-钢板组合核心筒	220	190
	混合框架-混凝土核心筒	220	190
	混合框架-型钢混凝土核心筒	240	210
	钢框筒-钢板组合核心筒	260	210
	钢框筒-混凝土核心筒		
	钢框筒-型钢混凝土核心筒		
	混合框筒-钢板组合核心筒	280	230
	混合框筒-混凝土核心筒		
	混合框筒-型钢混凝土核心筒		

- 注:1 当混合框架中的柱采用钢管混凝土或钢框架采用支撑框架时,高度限值在有可靠依据时可适当放宽;对于沿竖向结构类型不同的建筑应从严格控制;
- 2 房屋高度指室外地面至主要屋面高度,不包括局部突出屋面的水箱、电梯机房、构架等高度;
- 3 平面和竖向均不规则的结构或Ⅳ类场地上的结构,最大适用高度应适当降低;
- 4 表中各结构适用高度不包含剪力墙、筒体采用装配式连接的结构,如果采用装配式剪力墙、筒体,需要进行专项分析论证;
- 5 框架-混凝土剪力墙结构按单重抗侧力体系设计,结构最大适用高度为 140m;
- 6 当采用单重抗侧力体系进行设计时,可按表中对应结构类型确定房屋最大适用高度。

3.2.2 混合结构的高宽比不宜超过表 3.2.2 的数值。

表 3.2.2 混合结构适用的最大高宽比

结构类型		抗震设防烈度	
		6 度	7 度
框架	组合柱	6	5
	混凝土柱	4	
交错桁架		6.5	
框架-剪力墙		7	6
筒体	框架-核心筒	7	
	筒中筒	8	

3.2.3 框架-核心筒混合结构中,核心筒高宽比不宜大于 12。

3.3 结构平面布置

3.3.1 混合结构的平面宜简单、规则,质量、刚度和承载力分布宜均匀,不应采用严重不规则的平面布置;具体应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.3.2 混合结构的楼盖应具有良好的刚度和整体性。当楼面有较大开洞或为转换层楼面时,宜采用现浇楼盖,或在楼板平面设支撑。

3.4 结构竖向布置

3.4.1 混合结构的侧向刚度和承载力沿竖向宜均匀变化、无突变,构件截面宜下大上小,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.4.2 混合结构的外围框架柱沿高度宜采用同类结构构件,当采用不同类型结构构件时,应设置过渡层。

3.4.3 对于刚度变化较大的楼层,应采取可靠的过渡加强措施。

3.5 抗震等级

3.5.1 混合结构中钢构件、混凝土构件和组合构件的抗震等级应根据烈度、结构类型和房屋高度确定,并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类建筑的抗震等级应按表 3.5.1 确定。

表 3.5.1 混合结构的抗震等级

结构类型			抗震设防烈度						
			6 度			7 度			
框架	高度(m)		≤24	>24		≤24	>24		
	框架		四	三		三	二		
	大跨度框架		三			二			
交错桁架	高度(m)		≤50	>50		≤50	>50		
	钢桁架和钢梁		四			四	三		
	框架柱		三			二			
框架-剪力墙	钢框架-剪力墙	高度(m)	≤50	>50 ≤130	>130	≤24	>24 ≤50	>50 ≤120	>120
		框架	四			三			
		剪力墙	三	三	二	三	二	二	一

续表3.5.1

结构类型			抗震设防烈度						
			6 度			7 度			
框架- 剪力墙	混合框 架-剪 力墙	高度(m)	≤ 60	>60 ≤ 130	>130	≤ 24	>24 ≤ 60	>60 ≤ 120	>120
		框架	四	三	二	四	三	二	一
		剪力墙	三	三	二	三	二	二	一
筒体墙	钢框架- 核心筒	高度(m)	≤ 150		>150	≤ 130		>130	
		框架	三		二	二		一	
		核心筒	二		一	二		一	
	混合框 架-核 心筒	高度(m)	≤ 150		>150	≤ 130		>130	
		框架	三		二	二		一	
		核心筒	二		一	二		一	
	筒中筒	高度(m)	≤ 180		>180	≤ 150		>150	
		外筒	三		二	二		一	
		内筒	二		二	二		一	

注:1 当接近或等于高度分界时,可结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级;

2 当框架-核心筒的高度不超过 60m 时,其抗震等级可按框架-剪力墙结构采用;

3 单重抗侧力体系以双重抗侧力体系为依据,并根据本规范相关具体规定进行调整;

4 大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架;

5 对于重点设防的混合结构,应参考《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对其高度进行适当降低,并采取加强措施。

3.6 水平位移限值 and 舒适度要求

3.6.1 混合结构位移限值应符合下列要求:

- 1 在风荷载或多遇地震标准值作用下,按弹性方法计算的

最大层间位移与层高的比值应符合表 3.6.1 的规定；

表 3.6.1 层间弹性位移角限值

结构类型			层间弹性位移角限值
框架	钢管混凝土柱、 钢管约束混凝土柱	钢梁	1/300
		钢筋(型钢)混凝土梁	1/450
	钢筋(型钢)混凝土柱	钢梁	1/550
交错桁架	钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱		1/300
	钢筋(型钢)混凝土柱		1/550
框架-剪力墙/ 筒体结构	混凝土剪力墙		1/800
	框架-核心筒结构体系		1/800
	筒中筒		1/1000
	支撑巨型框架-核心筒结构		1/500

注:1 建筑高度小于 150mm 时,层间弹性位移角按本表取用;

2 房屋高度 H 大于 250m 时,层间位移角限值不宜大于 1/500;

3 房屋高度 H 介于 150~250m 时,层间位移角限值可按本表中的限值和 1/500 线性插入取用。

2 在罕遇地震作用下,建筑混合结构的层间弹塑性位移角,对于混合框架结构和交错桁架结构不应大于 1/50,筒中筒结构不应大于 1/120,其余结构不应大于 1/100。

3.6.2 房屋高度不小于 150m 的混合结构应满足风振舒适度要求。在现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下,结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应超过表 3.6.2 的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度,可按照国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算,也可通过风洞试验结果判定确定,计算时阻尼比宜取 0.01~0.02。

表 3.6.2 结构顶点风振加速度限值 a_{lim}

使用功能	$a_{\text{lim}} (\text{m/s}^2)$
住宅、公寓	0.15
办公、旅馆	0.25

3.7 构件承载力设计

3.7.1 建筑结构构件的承载力应按下列公式验算：

持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.1)$$

地震设计状况

$$S_d \leq R_d / \gamma_{\text{RE}} \quad (3.2)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1；对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；

S_d ——作用组合的效应设计值，应符合本规程第 5.2 条的规定；

R_d ——构件承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。

3.7.2 地震设计状况下，混合结构构件的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 可分别按表 3.7.2-1 和表 3.7.2-2 采用。混凝土构件的承载力调整系数应满足国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。当仅考虑竖向地震作用组合时，各类构件的承载力抗震调整系数均应取为 1.0。

表 3.7.2-1 组合构件承载力抗震调整系数 γ_{RE}

正截面承载力计算			斜截面承载力计算
型钢混凝土梁	钢管(钢管约束)混凝土柱及型钢混凝土柱	剪力墙	各类构件及节点
0.75	0.8	0.85	0.85

表 3.7.2-2 钢构件承载力抗震调整系数 γ_{RE}

强度破坏 (梁,柱,节点板件,螺栓,焊缝)	屈曲稳定 (柱,支撑)
0.75	0.8

4 材 料

4.1 钢筋与混凝土

4.1.1 混凝土、普通钢筋和预应力钢筋的力学性能和耐久性应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

4.1.2 预制混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；预制预应力混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C40。现浇混凝土的强度等级不应低于 C30，组合楼板的混凝土强度等级不应低于 C30，钢管约束混凝土柱和钢管混凝土柱的混凝土强度等级不应低于 C30，当采用 C80 以上高强混凝土时，应有可靠的依据。

4.1.3 抗震设计时，钢筋的材料性能指标应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

4.2 钢材和连接材料

4.2.1 钢管和型钢的钢材选用及材料性能指标应符合现行国家标准《钢结构通用规范》GB 55006、《组合结构通用规范》GB 55004、《钢结构设计标准》GB 50017、《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728 和《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725 的有关规定。

4.2.2 钢管约束混凝土柱的圆钢管可采用直缝焊接圆钢管或螺旋焊管，方钢管可采用焊接钢管，也可采用冷成型方钢管；当采用冷成型方钢管时，应符合现行行业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 中Ⅰ级产品的有关规定。型钢可采用热轧型钢或焊接型钢。

4.2.3 承重结构的圆钢管可采用热轧无缝钢管或焊接圆钢管。

矩形或多边形钢管可采用焊接钢管。

4.2.4 处于外露环境,且对耐腐蚀有特殊要求或处于侵蚀性介质环境中的承重结构,宜采用耐候钢,其质量要求应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定。

4.2.5 压型钢板质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的有关规定,压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 的有关规定。

4.2.6 钢结构连接材料型号及性能应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4.2.7 预制混凝土构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级热轧钢筋制作。吊装用内埋式螺母或吊杆的材料性能应符合国家现行相关标准的规定。

5 作用和作用组合

5.1 作用取值

5.1.1 混合结构的自重荷载、楼(屋)面活荷载及屋面雪荷载等应按现行国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用。

5.1.2 混合结构的风荷载应按国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用。

5.1.3 混合结构的地震作用应按国家现行标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

5.2 作用组合及其效应

5.2.1 混合结构的荷载组合和地震作用组合的效应应根据国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定计算和采用。

6 结构计算分析

6.1 一般规定

6.1.1 除本标准指明外,持久、短暂设计状况应按国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行;地震设计状况应按国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

6.1.2 混合结构在竖向荷载、风荷载和多遇地震作用下的变形和内力可采用弹性方法计算,罕遇地震下可采用弹塑性时程分析和静力弹塑性分析方法计算。

6.1.3 体型复杂、结构布置复杂的混合结构,应采用弹塑性分析方法对结构整体和局部进行验算。

6.1.4 抗震计算时,混合结构的阻尼比可采用振型阻尼比法确定,钢构件可取 0.02,混凝土构件可取 0.05。罕遇地震作用下结构的阻尼比可取 0.05。

风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时,混合框架结构、交错桁架结构可取 0.01~0.02,其他混合结构阻尼比可取 0.03~0.04。

6.1.5 混合结构的钢构件、混凝土构件、组合构件应分别建立各自的计算单元,梁、柱构件可采用杆或梁单元模拟,剪力墙构件可采用薄壁单元、墙板单元、壳单元或平面有限元等模型,支撑构件可采用两端铰接杆单元。

6.1.6 结构在竖向荷载及风荷载、地震作用下的变形和内力计算,一般可采用刚性楼板假定,设计时应采取相应的措施保证楼

板平面内的整体刚度：

1 当楼板平面凹凸不规则，或局部不连续，或楼盖狭长，或相邻楼层刚度有突变，不能保证楼面的整体刚度时，计算时应采用弹性楼板或局部弹性楼板模型进行补充计算；

2 对转换层、加强层、伸臂桁架楼层、竖向刚度显著突变楼层及其上下楼层，计算时应采用弹性楼板模型进行整体分析；

3 当考虑温度、混凝土收缩效应或地震、风荷载作用下的楼板应力时应采用弹性楼板假定，可用膜单元或壳单元模拟楼板；

4 平面规则、连接可靠的空心板叠合楼盖可按刚性楼盖进行结构整体分析；平面规则、连接可靠，平面长宽比不大于 3，且纵向接缝灌浆键槽水平剪应力设计值不大于 0.4N/mm^2 的空心板楼盖，可按刚性楼盖进行结构整体分析。

6.1.7 体型复杂、结构布置复杂以及特别不规则的混合结构，应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算。

6.1.8 高度超过 100m 的混合结构，宜进行施工过程模拟计算。当部分结构先行施工时，应考虑其独立承受外部荷载的能力且确保其稳定，或视其能力确定允许先行施工的楼层数。

6.1.9 框架-核心筒、筒中筒组合结构，在施工阶段应计算竖向构件压缩变形的差异，根据分析结果预调构件的加工长度和安装标高，并应采取必要的措施控制由差异变形产生的结构附加内力。

6.2 计算参数及内力调整

6.2.1 结构弹性计算时，对于叠合楼盖应考虑梁与钢筋混凝土楼板的共同作用，并符合下列规定：

1 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖、预应力混凝土叠合板楼盖、预应力双 T 板叠合楼盖及压型钢板楼板楼盖的楼面梁刚度可计入翼缘作用予以增大，混凝土梁的刚度增大系数可根据翼缘情况近似取为 1.3~2.0；钢梁的刚度增大系数可取 1.2~1.5；

2 有叠合层且灌孔长度大于 6 倍楼板总厚度的预应力混凝土空心板楼盖, 楼板对梁刚度及承载力的影响可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算, 当灌孔长度不足时不宜考虑该影响; 不设置叠合层的预应力混凝土空心板楼盖, 不宜计入楼板对梁刚度及承载力的影响。

6.2.2 进行结构内力和变形分析时, 组合构件的刚度可按下列规定计算:

1 组合梁、组合柱截面的轴向刚度 EA 、抗弯刚度 EI 和抗剪刚度 GA 可采用钢管部分的刚度与混凝土部分的刚度之和, 即:

$$EA = E_c A_c + E_s A_s \quad (6.2.3-1)$$

$$EI = E_c I_c + E_s I_s \quad (6.2.3-2)$$

$$GA = G_c A_c + G_s A_s \quad (6.2.3-3)$$

式中, EA 、 EI 、 GA ——构件截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度;

$E_c A_c$ 、 $E_c I_c$ 、 $G_c A_c$ ——混凝土部分的截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度;

$E_s A_s$ 、 $E_s I_s$ 、 $G_s A_s$ ——钢管部分的截面轴向刚度、抗弯刚度及抗剪刚度。

2 型钢混凝土剪力墙、钢板混凝土剪力墙、带钢斜撑混凝土剪力墙的截面刚度可按下列原则计算:

(1) 型钢混凝土剪力墙, 其截面刚度可近似按相同截面的混凝土剪力墙计算截面刚度, 可不计入端部型钢对截面刚度的提高作用;

(2) 有端柱型钢混凝土剪力墙, 其截面刚度可按端柱中混凝土截面面积加上型钢按弹性模量比折算的等效混凝土面积计算其抗弯刚度和轴向刚度; 墙的剪切刚度可不计入型钢作用;

(3) 钢板混凝土剪力墙, 可把钢板按弹性模量折算为等效混凝土面积计算其截面刚度;

(4)在混凝土剪力墙内布置钢斜撑,可不考虑钢斜撑对其截面刚度的影响。

6.2.3 竖向荷载作用下的混凝土框架梁,可考虑梁两端塑性变形内力重分布对梁端负弯矩乘以调幅系数进行调幅,并应符合下列规定:

1 装配式钢筋混凝土框架梁和型钢混凝土框架梁的梁端负弯矩调幅系数可取为 0.7~0.8,钢筋混凝土框架梁和型钢混凝土框架梁的梁端负弯矩调幅系数可取为 0.8~0.9;

2 框架梁端负弯矩调幅后,梁跨中弯矩应按平衡条件相应增大;

3 应先对竖向荷载作用下框架梁的弯矩进行调幅,再与水平作用产生的框架梁弯矩进行组合;

4 截面设计时,框架梁跨中截面正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩设计值的 50%。

6.2.4 对于不直接承受动力荷载的混合结构,钢梁可采用塑性设计或弯矩调幅设计,且应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

6.2.5 不参与抗侧力计算、仅承受竖向荷载的少量柱,其弯矩设计值可取其轴力设计值乘以结构层间位移值,并按此弯矩计算该构件的剪力设计值。

6.2.6 建筑混合结构的梁、柱、墙和节点核心区,在进行截面抗震设计时,应按国家现行有关标准的规定调整构件的组合内力设计值。

6.2.7 抗震设计的剪力墙或核心筒中的连梁刚度可予以折减,折减系数不宜小于 0.5。

6.2.8 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期,应考虑非承重墙体的刚度影响并予以折减。当非承重墙体采用轻质砌块、轻质填充墙板或外挂墙板时,自振周期折减系数可取 0.9~1.0。对于采用其他非承重墙体时,可根据工程实际情况确定周

期折减系数。

6.3 罕遇地震作用下变形验算

6.3.1 进行弹塑性时程分析和静力弹塑性分析时,应对结构整体进行分析,并采用合理的计算模型。

6.3.2 罕遇地震作用下的弹塑性时程分析应按建筑场地类别和设计地震分组选用不少于 5 组实际地震波和 2 组人工模拟地震波的加速度时程曲线;加速度时程曲线的频谱特征、有效持续时间、地震加速度最大值应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定;时程分析的时间间隔不宜大于 0.02s,且不宜大于结构基本周期的 1/10。

6.3.3 弹塑性时程分析或静力弹塑性分析均应计入结构整体重力二阶效应。

7 框架结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 框架结构应设计成双向梁柱抗侧力体系。

7.1.2 抗震设计的框架结构不应采用单跨框架。

7.1.3 框架结构的填充墙及隔墙宜选用轻质墙体,并应采用可靠连接。除本标准有关规定外,混凝土构件设计及构造应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行,型钢混凝土构件设计及构造应按现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 执行,钢构件的强度和稳定性计算应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 执行,钢管混凝土柱的设计及构造应按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 执行,钢管约束混凝土柱的设计及构造应按现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 执行。

7.1.4 对需要控制变形的构件,应进行变形验算。

7.2 钢构件

7.2.1 钢梁和钢柱的强度和稳定性计算,应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定执行。

7.2.2 框架柱的长细比和框架梁、柱板件的宽厚比,应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定;抗震设计时应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定,二者不应混用。

7.3 钢-混凝土组合梁

7.3.1 钢-混凝土组合梁应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。组合梁的混凝土翼板可采用现浇混凝土板,也可采用混凝土叠合板、预制预应力混凝土空心板、预应力双 T 板、钢筋桁架叠合板或压型钢板混凝土叠合板,并按国家现行标准的有关规定设计。

7.3.2 组合梁施工时,如钢梁下无临时支承,组合梁的全部自重和施工荷载应由钢梁单独承受,并按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 验算钢梁的强度、变形和稳定性。

7.3.3 组合梁的抗剪连接件宜采用圆柱头焊钉,也可采用槽钢或有可靠依据的其它类型连接件。焊钉和槽钢连接件的设置方式如图 7.3.3 所示。

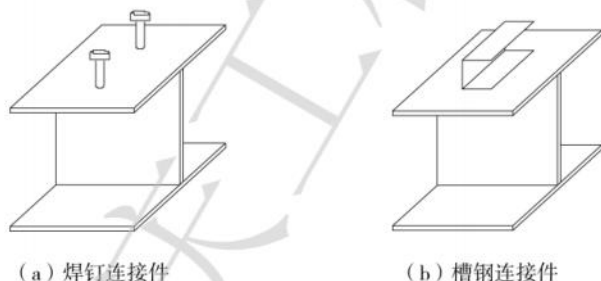


图 7.3.3 连接件的外形及设置方向

7.3.4 组合梁构件设计和构造要求,应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的规定执行。

7.4 钢管混凝土柱

7.4.1 除本节规定外,钢管混凝土柱应符合现行国家标准《钢管

混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关规定。

7.4.2 圆形钢管混凝土柱尚应符合下列构造要求：

- 1 钢管直径不宜小于 168 mm；
- 2 低多层结构中圆形钢管混凝土柱的钢管壁厚不宜小于 6mm，高层结构中圆形钢管混凝土柱的钢管壁厚不宜小于 8mm；
- 3 钢管外径与壁厚的比值 D/t 宜在 $(20 \sim 100)\sqrt{235/f_y}$ 之间， f_y 为钢材的屈服强度；
- 4 圆钢管混凝土柱的套箍指标，不应小于 0.5，且不宜大于 2.5；
- 5 柱的长细比不宜大于 80；
- 6 轴向压力偏心率 e_0/r 不宜大于 1.0， e_0 为偏心距， r 为核心混凝土横截面半径；
- 7 钢管混凝土柱与框架梁刚性连接时，柱内或柱外应设置与梁上、下翼缘位置对应的加劲肋；加劲肋设置于柱内时，应留孔以利混凝土浇筑；加劲肋设置于柱外时，应形成加劲环板；
- 8 直径大于 2m 的圆形钢管混凝土构件应采取有效措施减小钢管内混凝土收缩对构件受力性能的影响。

7.4.3 矩形钢管混凝土柱应符合下列构造要求：

- 1 钢管截面短边尺寸不宜小于 400mm；
- 2 钢管壁厚不宜小于 8mm；
- 3 钢管截面的高宽比不宜大于 2，当矩形钢管混凝土柱截面最大边尺寸不小于 800mm 时，宜采取在柱子内壁上焊接栓钉、纵向加劲肋等构造措施；
- 4 钢管管壁板件的边长与其厚度的比值不应大于 $60\sqrt{235/f_y}$ ；
- 5 柱的长细比不宜大于 80。

7.4.4 矩形钢管混凝土柱的轴压比不宜大于表 7.4.4 的限值：

表 7.4.4 矩形钢管混凝土柱轴压比限值

一级	二级	三级
0.7	0.8	0.9

7.5 钢管约束混凝土柱

7.5.1 除本节规定外,钢管约束混凝土柱应符合现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的有关规定。

7.5.2 钢管约束混凝土柱宜在上、下柱端设置钢管构造缝。钢管构造缝宽度不应小于 10mm,不宜大于 20mm;钢管构造缝距相应柱端截面的距离不宜超过 $0.5D$, D 为圆钢管截面直径或方钢管截面边长;底层柱的钢管可在基础顶面设置钢管构造缝,其宽度不应小于 10mm,不宜大于 20mm。

7.5.3 圆钢管约束混凝土柱的钢管直径不宜小于 300mm,壁厚不宜小于 3mm。钢管直径与壁厚之比 D/t 不宜小于 100,且不宜大于 200。

7.5.4 方钢管约束混凝土柱可采用无加劲肋的截面形式或钢管设置斜对拉加劲肋的截面形式。两种截面形式的钢管边长均不宜小于 300mm,壁厚不宜小于 3mm。

7.5.5 钢管约束钢筋混凝土和钢管约束型钢混凝土框架柱的轴压比不宜大于表 7.5.5-1 和 7.5.5-2 规定的限值。

表 7.5.5-1 钢管约束钢筋混凝土柱轴压比限值

结构体系	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-剪力墙结构、筒体结构	0.75	0.85	0.90	0.95

注:对Ⅳ类场地上较高的高层建筑,柱轴压比限值宜适当减小。

表 7.5.5-2 钢管约束型钢混凝土柱轴压比限值

结构类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-剪力墙结构	0.70	0.80	0.90	0.95
框架-筒体结构	0.70	0.80	0.90	—

注：对Ⅳ类场地上较高的高层建筑，柱轴压比限值宜适当减小。

8 交错桁架结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 交错桁架结构的基本组成包括:框架柱、横向平面桁架、纵向抗侧力结构(包括框架或支撑等)、楼盖和底层角撑。框架柱可采用矩形钢管、矩形钢管混凝土柱、圆形钢管、圆形钢管混凝土柱和 H 型钢;桁架宜采用钢结构;楼板宜采用预应力混凝土空心板,也可采用预应力混凝土叠合板、钢筋桁架叠合板、压型钢板楼板或钢筋桁架楼承板。

8.1.2 交错桁架结构的平面宜规则、对称,宜采用矩形、由矩形组成的多边形或弧面结构。结构布置宜使抗侧刚度中心与水平合力中心接近。交错桁架结构中桁架的高跨比可取 $1:4 \sim 1:7$,纵向框架柱间距宜取 $6\text{m} \sim 9\text{m}$ 。

8.1.3 交错桁架结构的抗震设计,按 6 度设防的建筑可不进行罕遇地震作用下的结构计算。

8.1.4 交错桁架结构中,桁架的平面外结构,可采用框架、框架-支撑、框架-剪力墙等抗侧力体系,其中剪力墙可为钢板剪力墙、组合剪力墙或混凝土剪力墙等;桁架平面外结构的设计,应符合各抗侧力体系的相关要求。

8.2 结构分析与计算

8.2.1 交错桁架结构采用三维空间模型进行弹性内力和变形分析时,应对楼板平面内刚度进行折减;在分析竖向荷载作用时,不应考虑楼板和桁架弦杆的共同作用;在分析横向水平荷载作用

时,宜考虑楼板和桁架弦杆的共同作用,若未考虑共同作用,可假定横向水平荷载引起的桁架弦杆轴力由混凝土楼板承担,而剪力和弯矩由桁架弦杆承担。

8.2.2 一般情况下,应至少在交错桁架结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用,各方向的水平地震作用应由该方向的抗侧力构件承担。

8.3 构件设计与构造

8.3.1 桁架构件设计时,弦杆应按压弯或者拉弯构件计算;桁架内力分析模型中,铰接的腹杆应按轴心受力构件计算,刚接的腹杆应按压弯或者拉弯构件计算。

8.3.2 桁架杆件的板件宽厚比,应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 关于板件局部稳定的规定。抗震设计中,桁架弦杆和斜腹杆的长细比,应根据结构的抗震等级,按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对中心支撑的规定执行。桁架杆件的板件宽厚比,应根据结构的抗震等级,按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

8.3.3 交错桁架结构的框架柱应按压弯构件进行设计。框架柱的承载力计算方法、构造要求及柱脚设计方法应按国家现行相关标准确定。

8.3.4 钢框架柱应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算其强度和稳定性;钢管混凝土框架柱应按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定执行。

8.3.5 楼板宜按弹性楼板进行平面内的抗剪承载力验算。楼板在横向水平荷载作用下平面内抗剪承载力验算时,对叠合板取现浇层厚度和预制板厚度之和,且叠合楼盖混凝土板总厚度不宜小于 120mm,其中现浇层厚度不应小于 60mm。

8.3.6 混凝土楼板应采用剪力连接件与桁架弦杆可靠连接。楼

板与桁架弦杆或纵向框架梁相连接的部位,宜适当增加板顶构造钢筋的配筋率。当楼面有较大开洞时,宜采用现浇楼板或增设刚性水平支撑。

9 框架-剪力墙及筒体结构设计

9.1 一般规定

9.1.1 框架-剪力墙/筒体结构中,框架柱可采用混凝土柱、型钢混凝土柱、钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱;框架梁可采用钢梁或组合梁;剪力墙可采用混凝土剪力墙、型钢混凝土剪力墙、钢板剪力墙或钢板组合剪力墙等。

9.1.2 框架-混凝土剪力墙/筒体结构应设计成双向抗侧力体系;抗震设计时,结构两主轴方向均应布置剪力墙。

9.1.3 框架-混凝土剪力墙/筒体结构可以按照双重抗侧力体系或单重抗侧力体系设计。

9.1.4 当框架-混凝土剪力墙/筒体结构按双重抗侧力体系设计时,应按照国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 相关规定进行设计。

9.1.5 框架-混凝土剪力墙、框架-混凝土筒体结构按单重抗侧力体系设计时,应符合下列要求:

1 结构总高度一半以下范围内,弹性分析中,框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值最大值不大于 0.1 时,框架部分分配的地震剪力可不进行调整,而全部楼层的剪力墙/筒体应承担 100% 的本层地震剪力,且剪力墙/筒体的抗震构造措施应按框架-剪力墙/筒体结构的抗震等级采用;

2 结构总高度一半以下范围内,弹性分析中,任一层框架部分分配的地震剪力标准值与本层总地震剪力标准值的比值大于 0.1 且小于 0.2 时,剪力墙/筒体部分和框架部分的地震剪力均可不进行调整,全部楼层的剪力墙/筒体的抗震构造措施应按框架-

混凝土剪力墙、框架-混凝土筒体结构的抗震等级提高一级后采用,特一级的不再提高;

3 有加强层时,框架部分分配的楼层地震剪力标准值的最大值不应包括加强层及其上、下层的框架剪力。

9.1.6 框架-剪力墙结构中剪力墙布置应符合下列规定:

1 剪力墙宜均匀布置在建筑物的周边附近、楼梯间、电梯间、平面形状变化及恒载较大的部位,剪力墙间距不宜过大;

2 平面形状凹凸较大时,宜在凸出部分的端部附近布置剪力墙;

3 纵、横剪力墙宜组成 L 形、T 形和 [形等形式;

4 单片剪力墙底部承担的水平剪力不应超过结构底部总水平剪力的 30%;

5 剪力墙宜贯通建筑物的全高,宜避免刚度突变;剪力墙开洞时,洞口宜上下对齐;

6 楼、电梯间等竖井宜尽量与靠近的抗侧力结构结合布置;

7 抗震设计时,剪力墙的布置宜使结构各主轴方向的侧向刚度接近。

9.1.7 长矩形平面或平面有一部分较长的建筑中,其剪力墙的布置尚应符合下列规定:

1 横向剪力墙沿长方向的间距宜满足表 9.1.7 的要求,当这些剪力墙之间的楼盖有较大开洞时,剪力墙的间距应适当减小;

表 9.1.7 横向剪力墙间距限值(m)

楼盖形式	设防烈度
	6 度、7 度(取较小值)
现浇	4.0B,50
装配	3.0B,40

注:表中 B 为剪力墙之间的楼盖宽度,单位为 m。

2 纵向剪力墙不宜集中布置在房屋的两尽端。

9.2 混凝土剪力墙与筒体设计及构造

9.2.1 框架-剪力墙结构中,混凝土剪力墙的竖向、水平分布钢筋的配筋率,抗震设计时均不应小于 0.25%,并应至少双排布置。各排分布筋之间应设置拉筋,拉筋的直径不应小于 6mm,间距不应大于 600mm。

9.2.2 部分框支抗震墙结构的落地抗震墙底部加强部位,竖向和水平分布钢筋配筋率均不应小于 0.30%。

9.2.3 抗震设计时,钢框架-混凝土筒体结构的筒体底部加强部位分布钢筋的最小配筋率不宜小于 0.35%,筒体其他部位的分布筋不宜小于 0.30%。

9.2.4 抗震设计时,框架-混凝土筒体混合结构的筒体底部加强部位约束边缘构件沿墙肢的长度宜取墙肢截面高度的 1/4,筒体底部加强部位以上墙体宜设置约束边缘构件。

10 支撑巨型框架-核心筒结构设计

10.0.1 支撑巨型框架-核心筒结构中,巨型框架中巨型柱可采用钢管混凝土柱、钢管约束混凝土柱或型钢混凝土柱;巨型框架中腰桁架可采用钢桁架;巨型支撑可采用钢支撑或屈曲约束支撑;次框架梁可采用钢梁、混凝土梁或组合梁;核心筒墙体宜采用型钢混凝土剪力墙或钢板组合剪力墙,也可采用混凝土剪力墙或型钢混凝土剪力墙等。

10.0.2 支撑巨型框架-核心筒结构体系适用于结构高度为300m 及以上的超高层建筑。

10.0.3 抗震设计的支撑巨型框架-核心筒结构平面布置应避免或减少结构整体扭转效应。

10.0.4 支撑巨型框架-核心筒结构中,支撑于腰桁架上的柱与边梁、楼面梁宜采用刚接;当主要承受竖向荷载时,可设计为重力柱,与楼面梁的连接可采用铰接。

10.0.5 支撑巨型框架-核心筒结构的巨型支撑宜采用屈曲约束支撑。

10.0.6 支撑巨型框架-核心筒结构按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于 1/500,且底部楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于 1/2000。

10.0.7 罕遇地震作用下,结构薄弱层(部位)弹塑性层间位移角不应超过 1/100。

10.0.8 结构弹塑性计算宜采用动力弹塑性时程分析方法;若采用静力弹塑性分析方法,宜选用考虑结构高阶振型参与影响的静力弹塑性分析方法,且所考虑振型数的质量参与系数不低于总质

量的 90%。

10.0.9 时程分析中采用加速度时程曲线的特征应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；地震动的加速度时程曲线的持续时间不宜小于 50s，不应小于结构基本自振周期的 5 倍。

10.0.10 当支撑巨型框架-核心筒结构的侧向刚度不能满足要求时，可利用建筑避难层、设备层空间，设置适宜刚度的水平伸臂构件，形成带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构体系。

10.0.11 带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构设计应符合下列规定：

- 1 伸臂桁架及腰桁架宜采用钢结构；
- 2 伸臂桁架及腰桁架宜沿竖向从顶层向下均匀布置加强层；
- 3 伸臂桁架平面布置宜位于核心筒转角处，且相对核心筒宜对称布置并贯通核心筒墙体；
- 4 加强层及其相邻层的框架柱、核心筒应加强配筋构造。

10.0.12 抗震设计时，带加强层的支撑巨型框架-核心筒结构应符合下列要求：

- 1 加强层及其相邻层的框架柱、核心筒剪力墙的抗震等级应提高一级采用，已为特一级时，可不再提高；
- 2 加强层及其相邻层的核心筒剪力墙应设置约束边缘构件。

10.0.13 伸臂桁架加强层上下弦杆所在楼层的楼板应采用现浇混凝土楼板，并应采取加强措施；伸臂桁架加强层应考虑楼板平面内变形，楼板厚度应由计算确定且不应小于 180mm。

11 楼盖设计

11.1 一般规定

11.1.1 混合结构的楼盖体系应具有足够的水平刚度和整体性,使整个抗侧力结构在任意方向水平荷载作用下能协同工作。

11.1.2 混合结构楼盖可采用桁架钢筋混凝土叠合板楼盖、预应力混凝土叠合板楼盖、预应力混凝土空心板楼盖、压型钢板楼盖、钢筋桁架楼承板楼盖或预应力混凝土双 T 板楼盖。

11.1.3 混合结构中,楼盖应符合下列规定:

1 结构转换层和作为上部结构嵌固部位的楼层宜采用梁板现浇楼盖,普通地下室顶板厚度不宜小于 160mm;作为上部结构嵌固部位的地下室楼层的顶楼盖应采用梁板结构,板厚不宜小于 180mm;对有防水要求的地下室混凝土顶板,其板厚尚应满足现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 的相关规定;

2 屋面层和平面受力复杂的楼层宜采用现浇楼盖,当采用叠合楼盖时,楼板的后浇混凝土叠合层厚度不应小于 100mm,且后浇层内应采用双向通长配筋,钢筋直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 200mm。

11.1.4 采用叠合板时,后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm。在结构分析中可假定平面规则的楼层在其楼板自身平面内为无限刚性。

11.1.5 受弯构件使用阶段的挠度应分别按荷载标准组合和准永久组合并考虑荷载长期作用的影响进行计算,其计算值不应超过表 11.1.5 规定的限值。

表 11.1.5 受弯构件的挠度限值

跨度	挠度限值
$l_0 < 7\text{m}$	$l_0/200(l_0/250)$
$7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$	$l_0/250(l_0/300)$
$l_0 > 9\text{m}$	$l_0/300(l_0/400)$

- 注：1 表中 l_0 为构件的计算跨度；悬臂构件的 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用；
 2 构件制作时预先起拱，且使用上也允许，验算挠度时，可将计算所得挠度减去起拱值；
 3 表中括号内的数值适用于对挠度有较高要求的构件。

11.1.6 当楼板采用预应力空心板或预应力双 T 板时，宜设置现浇叠合层。

11.2 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖

11.2.1 钢筋桁架混凝土叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行设计。

11.2.2 钢筋桁架混凝土叠合板应满足下列要求：

- 1 钢筋桁架应沿主要受力方向布置；
- 2 钢筋桁架上弦钢筋距预制板边不宜大于 300mm，相邻钢筋桁架上弦钢筋的间距不宜大于 600mm；
- 3 钢筋桁架的弦杆钢筋直径不宜小于 8mm，腹杆钢筋直径不应小于 4mm；
- 4 钢筋桁架弦杆混凝土保护层厚度不应小于 15mm。

11.2.3 钢筋桁架混凝土叠合板的预制板厚度不宜小于 60mm，后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm。

11.2.4 钢筋桁架混凝土叠合板楼盖应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

11.3 预应力混凝土叠合板楼盖

11.3.1 预应力混凝土叠合楼板,除应根据设计状况进行承载力计算及正常使用极限状态验算外,尚应对施工阶段进行验算。

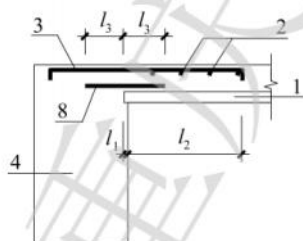
11.3.2 预应力混凝土叠合板计算应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关规定。

11.3.3 预应力混凝土叠合板可采用带肋叠合板、桁架钢筋叠合板及平板叠合板等。叠合楼板端部与混凝土梁、剪力墙及钢梁之间应设置可靠的锚固或连接措施,且应符合下列规定:

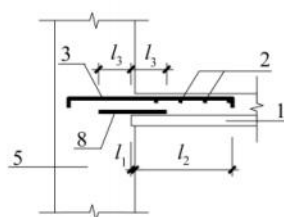
1 当与现浇混凝土梁、墙或预制混凝土梁、墙搭接时,搁置长度 l_1 不应小于 20mm(图 12.3.3-1a~图 12.3.3-1d);

2 当与钢梁搭接时,搁置长度 l_1 不应小于 20mm(图 12.3.3-1e);

3 预应力混凝土底板,可不预留胡子筋,并在底板上方设置端部附加短筋(图 12.3.3-2)。端部附加短筋伸入板内和支座内长度 l_3 不应小于 $15d$, d 为端部附加短筋直径。端部附加短筋最小配筋率不宜小于 0.15%,直径不宜小于 6mm,间距不宜大于 250mm。



(a) 与现浇梁搭接



(b) 与现浇墙搭接

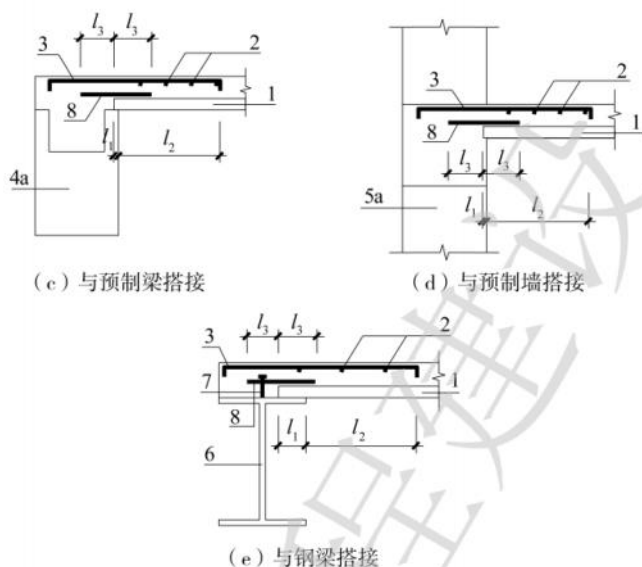


图 11.3.3-1 叠合楼板端部连接构造(一)

- 1—预应力混凝土带肋底板;2—板面分布钢筋;3—支座负筋或板面构造钢筋;
 4—现浇梁;4a—预制梁;5—现浇墙;5a—预制墙;6—钢梁;7—抗剪连接件;
 8—端部附加短筋; l_1 —预应力混凝土带肋底板搁置长度; l_2 —板面钢筋伸入板内长度;
 l_3 —端部附加短筋伸入板内和支座内长度

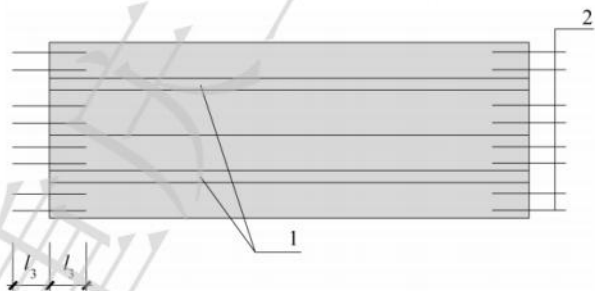


图 11.3.3-2 叠合楼板端部连接构造(二)

- 1—预应力混凝土带肋底板;2—端部附加短筋;
 l_3 —端部附加短筋伸入板内和支座内长度

11.4 预应力混凝土空心板楼盖

11.4.1 预应力混凝土空心板应与支承构件进行可靠连接,以保证地震作用下楼盖整体性。

11.4.2 空心板楼盖不应用于高层建筑,空心板叠合楼盖可用于高层建筑。

11.4.3 空心板楼盖及空心板叠合楼盖宜根据楼盖平面内变形形态,合理确定楼盖计算假定后进行结构整体分析。

11.4.4 空心板楼盖的楼板应按单向板设计,空心板叠合楼盖的楼板宜按单向板设计。

11.4.5 空心板楼盖及空心板叠合楼盖的安全等级和设计工作年限应与整体结构一致。

11.4.6 空心板楼盖及空心板叠合楼盖应按短暂设计状况、持久设计状况、地震设计状况和偶然设计状况进行设计,应符合国家现行相关标准的规定。在短暂设计状况、持久设计状况下的空心板楼盖及空心板叠合楼盖应按承载能力极限状态进行计算,并应对正常使用极限状态进行验算。

11.5 压型钢板楼盖

11.5.1 本节适用于不直接承受动力荷载作用的压型钢板楼盖。

11.5.2 压型钢板材料、质量要求及截面特性应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的相关规定。

11.5.3 压型钢板浇筑混凝土面,开口型压型钢板凹槽重心轴处宽度(b_{lm})、缩口型和闭口型压型钢板槽口最小浇筑宽度(b_{lm})不应小于 50mm。当槽内放置栓钉时,压型钢板总高 h_s (包括压痕)不宜大于 80mm(图 11.5.3)。

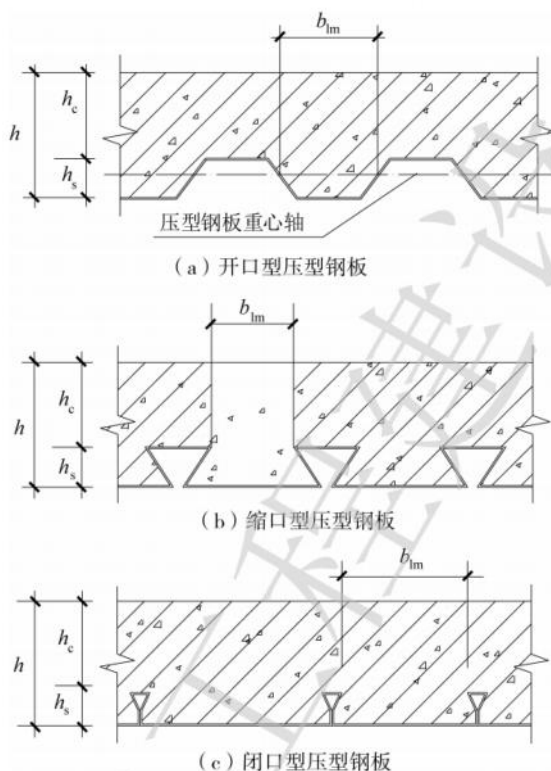
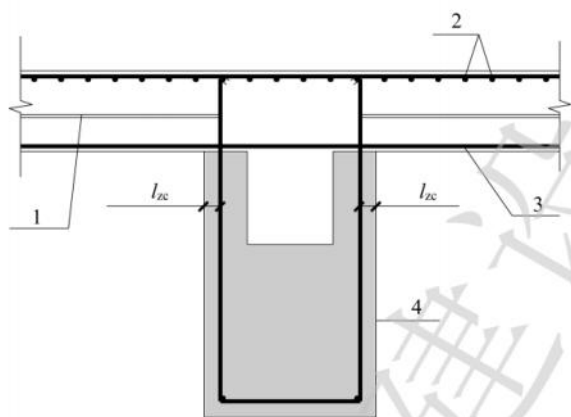


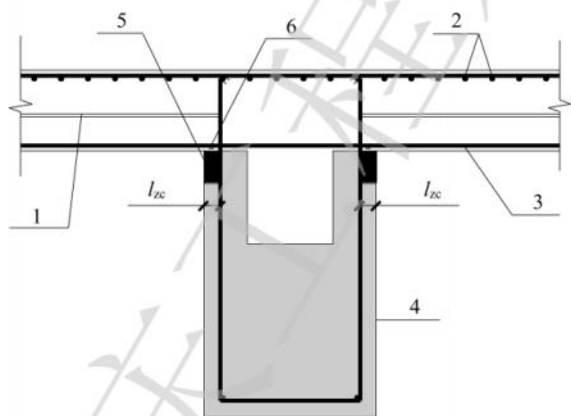
图 11.5.3 压型钢板-混凝土楼板截面凹槽宽度

11.5.4 压型钢板楼板总厚度 h 不应小于 90mm, 压型钢板肋顶部以上混凝土厚度 h_c 不应小于 50mm。

11.5.5 压型钢板与预制叠合梁连接处下部宜设置构造纵筋。压型钢板伸入支座的支撑长度 l_{zc} 不应小于 40mm(图 11.5.5a); 当不能满足时, 可在预制梁侧预埋槽钢, 压型钢板与槽钢宜以 300mm 间距点焊连接(图 11.5.5b)。



(a) 预制梁板端未设槽钢连接节点



(b) 预制梁板端设置槽钢连接节点

图 11.5.5 压型钢板-预制叠合梁连接节点构造

1—压型钢板,上覆混凝土未在图中表达;2—板上层筋;3—构造钢筋;4—预制叠合梁;
5—预埋槽钢;6—点焊; l_{zc} —压型钢板深入支座的支撑长度

11.5.6 压型钢板-混凝土楼板支承于剪力墙侧面上,宜在剪力墙预留钢筋,并与楼板连接。剪力墙侧面预埋件不应采用膨胀螺栓固定。剪力预留钢筋、预埋件的设置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求。槽钢或角钢(图 11.5.6)尺

寸及与预埋件的焊接应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定,槽钢或角钢不应小于[80 或 L70×5,焊缝高度不小于 5mm。

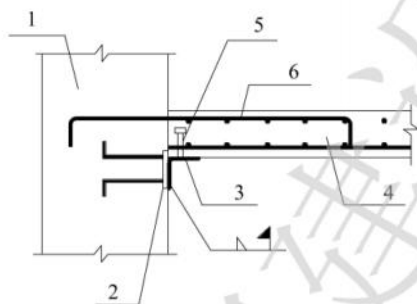


图 11.5.6 压型钢板与剪力墙连接构造

1—混凝土剪力墙;2—预埋件;3—槽钢或角钢;4—楼板;5—栓钉;6—预埋受力钢筋

11.6 钢筋桁架楼承板楼盖

11.6.1 钢筋桁架楼承板仅做施工阶段模板,不参与使用阶段受力计算时,可不做防火处理。

11.6.2 钢筋桁架楼承板应满足现行行业标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368 的相关要求。

11.6.3 钢筋桁架楼承板参与使用阶段受力计算时,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定,进行施工和使用两阶段设计。

11.7 预应力混凝土双 T 板楼盖

11.7.1 预应力混凝土双 T 板应与支承构件进行可靠连接,以保证地震作用下楼盖整体性。

11.7.2 双 T 板楼盖不应用于高层建筑,双 T 板叠合楼盖可用于

高层建筑。

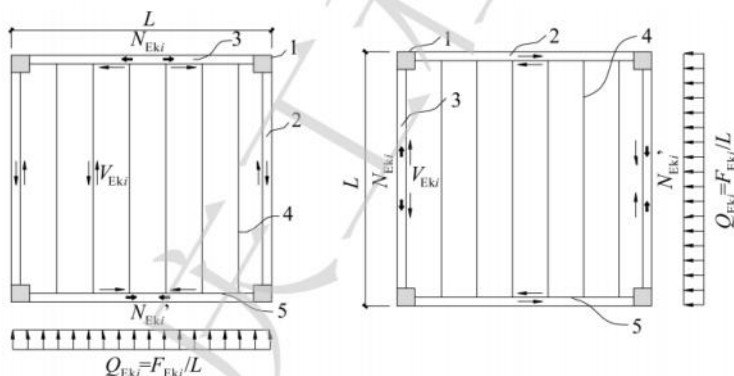
11.7.3 双 T 板楼盖及双 T 板叠合楼盖宜根据楼盖平面内变形形态,合理确定楼盖计算假定后进行结构整体分析。

11.7.4 双 T 板楼盖及双 T 板叠合楼盖的楼板应按单向板设计。

11.7.5 双 T 板楼盖及双 T 板叠合楼盖的安全等级和设计工作年限应与整体结构一致。

11.7.6 双 T 板楼盖及双 T 板叠合楼盖应按短暂设计状况、持久设计状况、地震设计状况和偶然设计状况进行设计,应符合国家现行相关标准的规定。在短暂设计状况、持久设计状况下的双 T 板楼盖及双 T 板叠合楼盖应按承载能力极限状态进行计算,并应对正常使用极限状态进行验算。

11.7.7 双 T 板楼盖水平传力可按以下模型考虑,如图 11.7.7 所示。



(a) 水平地震作用方向与板跨方向平行 (b) 水平地震作用方向与板跨方向垂直

图 11.7.7 无叠合层预应力混凝土双 T 板楼盖深梁模型

1—抗侧力构件;2—集力梁;3—弦杆;4—纵向接缝;5—横向接缝; L —模型跨度;

F_{Ek} — i 层双 T 板楼盖所受水平地震作用标准值;

Q_{Ek} — i 层双 T 板楼盖所受单位长度水平地震作用标准值;

N_{Ek} —模型弦杆拉力标准值; N'_{Ek} —模型弦杆压力标准值;

V_{Ek} —模型接缝剪力标准值。

11.7.8 水平荷载在板梁连接处产生的剪力直接作用在竖向抗侧力构件上或通过集力梁(图 11.7.7)传递到竖向抗侧力构件上。板梁连接处宜仅考虑连接钢筋或连接钢材的抗剪作用。

11.7.9 预应力混凝土双 T 板纵向接缝间剪力通过连接件传递(如图 11.7.9 所示),连接件与预应力混凝土双 T 板应进行有效锚固。

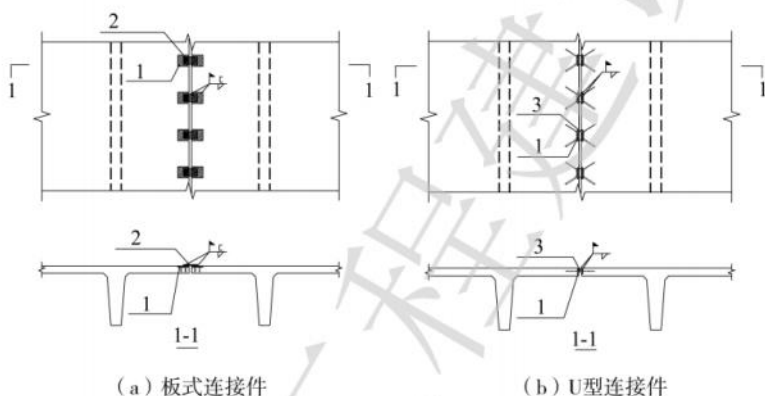


图 11.7.9 纵向接缝连接节点示意图

1—预埋件;2—连接钢板;3—连接件

11.7.10 预应力混凝土双 T 板的板端最小支承长度 α_{0min} 宜满足以下要求:

- 1 当楼板跨度 $L < 18\text{m}$ 时, α_{0min} 不宜小于 200mm;
- 2 当 $18\text{m} \leq \text{楼板跨度 } L \leq 24\text{m}$ 时, α_{0min} 不宜小于 250mm。

11.7.11 预应力混凝土双 T 板板端支承可采用图 11.7.11-1~图 11.7.11-3 所示连接形式。

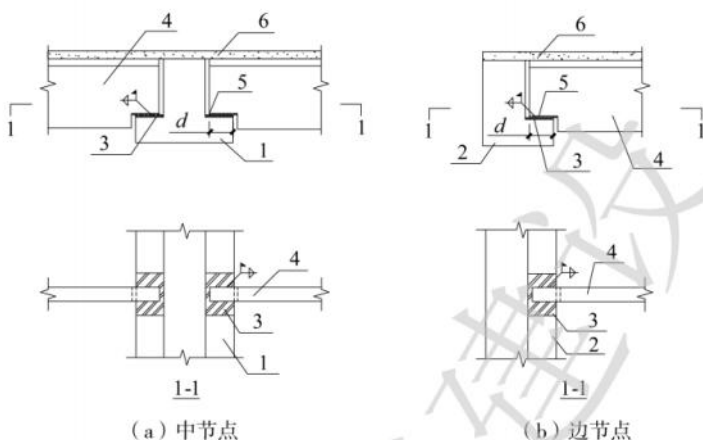


图 11.7.11-1 板端支承连接节点(一)

1—倒 T 型梁;2—L 型梁;3—预埋钢板;4—双 T 板纵肋;5—双 T 板预埋件;
6—叠合层(根据需要设置); d —板端实际搁置长度,要求 $d \geq a_{0\min}$

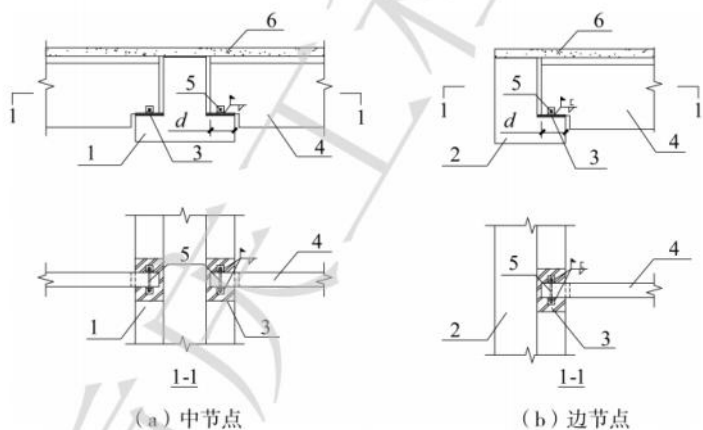


图 11.7.11-2 板端支承连接节点(二)

1—倒 T 型梁;2—L 型梁;3—预埋钢板;4—双 T 板纵肋;5—螺栓;
6—叠合层(根据需要设置); d —板端实际搁置长度,要求 $d \geq a_{0\min}$

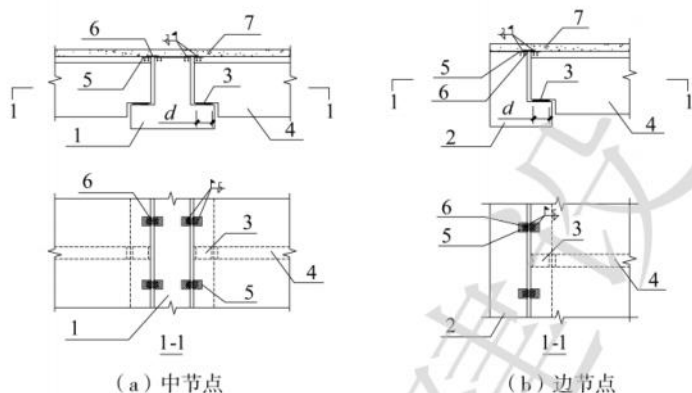


图 11.7.11-3 板端支承连接节点(三)

1—倒 T 型梁;2—L 型梁;3—橡胶垫块;4—双 T 板纵肋;5—预埋件;6—连接钢板;
7—叠合层(根据需要设置); d —板端实际搁置长度,要求 $d \geq a_{0\min}$

11.8 楼盖振动舒适度

11.8.1 混合结构楼盖的振动舒适度设计、检测和评估除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

11.8.2 混合结构楼盖的振动舒适度要求控制楼盖第一阶竖向自振频率及竖向振动加速度峰值。

1 竖向自振频率应符合下列规定:

$$f_1 \leq [f_1] \quad (11.8.2-1)$$

式中: f_1 ——第一阶竖向自振频率(Hz);

$[f_1]$ ——第一阶竖向自振频率限值(Hz)。

2 竖向振动加速度应符合下列规定:

$$a_p \leq [a_p] \quad (11.8.2-2)$$

式中: a_p ——竖向振动加速度峰值(m/s^2);

$[a_p]$ ——竖向振动加速度峰值限值(m/s^2)。

11.8.3 混合结构楼盖应具有适宜的舒适度。楼盖结构的第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz;楼盖结构在人致激励作用下竖向

振动加速度峰值,应考虑楼盖实际使用功能及第一阶竖向自振频率,不应超过表 11.8.3 的限值。

表 11.8.3 楼盖结构在人致激励作用下竖向振动加速度峰值限值($\%g$)

使用功能	楼盖基频 1Hz	楼盖基频 1~4Hz	楼盖基频 4~8Hz	楼盖基频 8~40Hz	楼盖基频 40Hz
办公室、住宅	1	线性内插	0.5	线性内插	2.5
室内人行天桥, 商场、饭厅、舞厅	3	线性内插	1.5	线性内插	7.5
有节奏运动场所, 室外人行天桥	10	线性内插	5	线性内插	25

注:表中 g 为重力加速度。

12 装配式连接与节点设计

12.1 一般规定

12.1.1 节点设计应构造简单,传力明确,经济合理,施工方便。抗震设计时节点的破坏不应先于被连接的构件的破坏。

12.1.2 节点设计应满足承载力极限状态要求,防止节点因强度破坏、局部失稳、变形过大、连接开裂等引起节点失效。

12.1.3 钢构件间连接节点计算,应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定执行。抗震设计时,构件按多遇地震作用下内力组合设计值选择截面;连接设计应符合构造措施要求,按弹塑性设计,连接的极限承载力应大于构件的全塑性承载力。

12.1.4 各类梁柱连接节点,均应对连接节点核心区进行抗剪验算。

12.1.5 钢柱、钢管混凝土柱外的钢管,在节点及节点区域上下各 600mm 范围内,柱翼缘与柱腹板间、箱型柱或圆形柱壁板间的连接焊缝应采用坡口全熔透焊缝。

12.1.6 新型或构造复杂的重要节点应通过有限元分析确定其承载力和刚度,并宜通过试验进行验证。

12.1.7 混合结构的构件连接应按本标准的规定设计,本标准未做规定的连接应按国家现行有关标准执行。

12.2 钢梁-柱框架节点

I 钢梁与钢柱节点

12.2.1 混合结构中,钢梁与钢柱的节点应符合现行行业标准

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。

II 钢梁-混凝土柱节点

12.2.2 混合结构中,钢梁与混凝土柱的节点应符合现行协会标准《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230 的规定。

III 钢梁-钢管混凝土柱节点

12.2.3 混合结构中,钢梁与钢管混凝土柱的节点应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。

IV 钢梁与钢管约束混凝土柱节点

12.2.4 圆钢管约束钢筋混凝土柱-钢梁框架节点、圆钢管约束型钢混凝土柱-钢梁框架节点可采用环板贯通式节点。其核心区受剪截面和抗震受剪承载力应满足现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的有关规定。

12.2.5 环板贯通式节点中,环板贯通节点区,核心区钢管与节点区外伸钢管分别与环板的上下表面焊接。环板在钢管外的尺寸按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 执行。节点区外伸钢管伸出梁的高度 h_d 不宜小于100mm。节点核心区钢管与节点区外伸钢管厚度不应小于柱钢管厚度。

12.2.6 节点核心区钢管和节点区外伸钢管与环板的连接焊缝可采用熔透焊缝、单面角焊缝或双面角焊缝;采用角焊缝时,钢管两侧的角焊缝有效高度之和不应小于钢管厚度。

12.3 混凝土梁-柱框架节点

I 现浇混凝土梁-组合柱的连接

12.3.1 混凝土梁与钢管混凝土柱的连接构造应符合现行国家

标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定。混凝土梁与钢管约束混凝土柱，圆钢管约束钢筋混凝土柱-混凝土梁框架节点可采用钢管半贯通式节点或钢管环筋式节点，其连接构造应符合现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 的相关规定。混凝土梁与型钢混凝土柱的连接构造应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的相关规定。

II 整体预制混凝土梁-钢管混凝土柱节点

12.3.2 预制混凝土梁与钢管混凝土柱的连接可采用带牛腿内隔板式连接节点(图 12.3.2)，其牛腿高度不宜小于 0.7 倍梁高；梁纵筋应与预埋型钢连接件上下翼缘可靠连接。

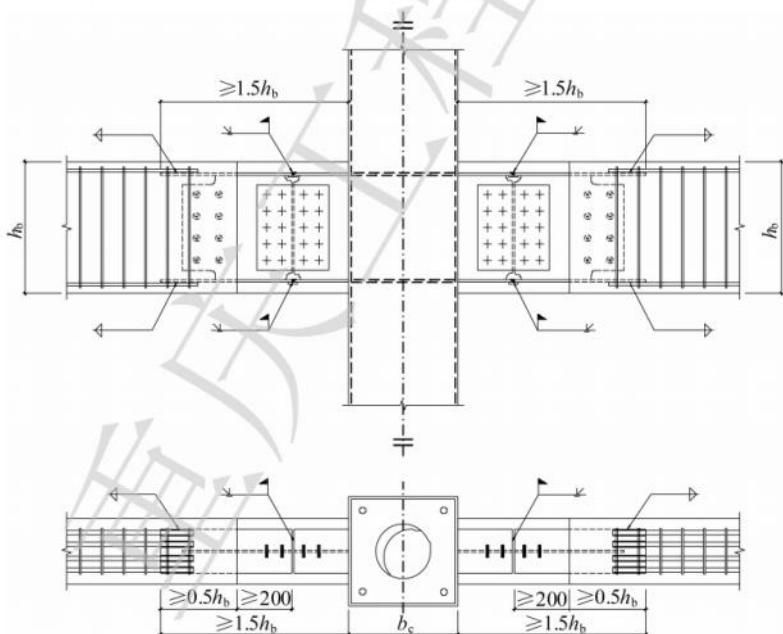


图 12.3.2 预制混凝土梁-钢管混凝土柱带牛腿内隔板式连接节点

12.3.3 梁端应设置箍筋加密区,加密区范围应从预制梁端混凝土界面处为起点并符合箍筋加密区长度的规定;加密区箍筋构造应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

12.3.4 结构计算模型中应考虑型钢连接段对内力计算的影响,梁端弯矩和剪力均应由牛腿承担;与预埋型钢连接件上下翼缘连接的受力钢筋数量可按连接处实际弯矩设计值进行配置;预制梁底部非伸入支座纵筋的截断位置应满足钢筋锚固要求且到柱边的距离应不小于 $0.1L_n$ (L_n 为梁净跨)。

12.3.5 预制梁端预埋型钢伸入梁内不宜小于 0.5 倍梁高,伸出梁端的长度不宜小于 200mm;伸入预制梁内型钢腹板两侧应设置栓钉,其数量按照完全抗剪的方式计算确定,间距不宜小于 200mm。

12.3.6 牛腿与预制梁端型钢连接区可用防火装饰板包覆,也可与楼板混凝土同时浇筑形成后浇混凝土区段;采用第二种方式时,预制梁端界面应做粗糙处理,且后浇区段内应配置防裂钢丝网片。

III 混凝土叠合梁-钢管约束混凝土柱节点

12.3.7 钢管约束钢筋混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点可采用钢管全贯通式节点(图 12.3.7-1)或钢管半贯通式节点(图 12.3.7-2)。

12.3.8 钢管全贯通式节点中,钢管在梁上部纵筋位置处开洞,开洞尺寸及节点区钢管的厚度依据现行行业标准《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 进行设计。

12.3.9 钢管半贯通式节点中,钢管在梁上部纵筋位置截断,截断高度 h_k 取梁高 h_b 的 $(1/4 \sim 1/3)$ 且不宜大于 150mm。上层钢管底部在节点区梁顶面处断开,断开处预留缝高度不应小于 10mm,不宜大于 20mm。

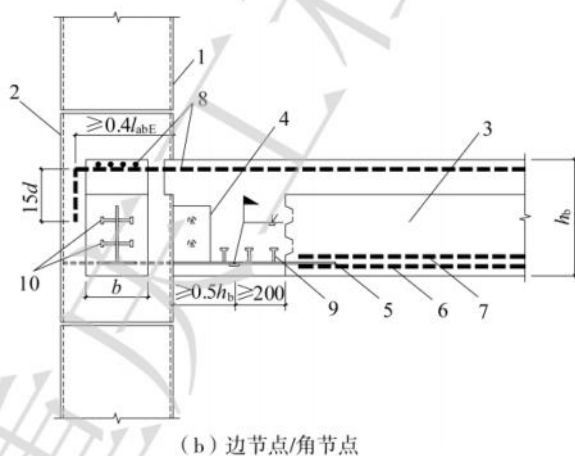
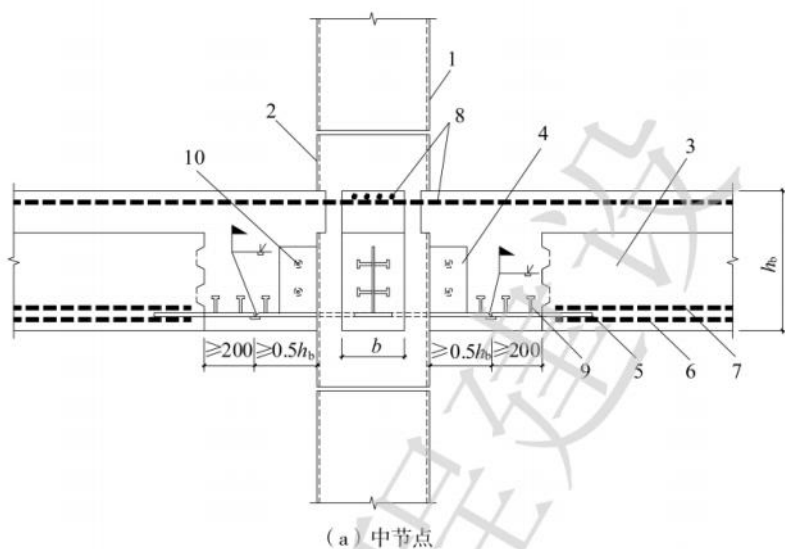


图 12.3.7-1 预制混凝土叠合梁-钢管约束混凝土柱框架用
钢管全贯通式节点

1—柱钢管；2—全贯通钢管；3—预制梁；4—连接腹板；5—预埋连接钢板；

6—梁端底部连接钢筋；7—梁端不伸入支座钢筋；8—梁端上部纵筋；

9—构造栓钉；10—腹板抗剪栓钉

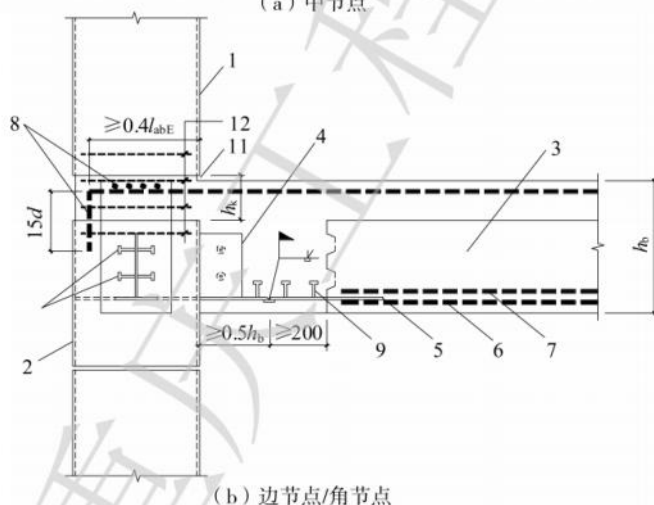
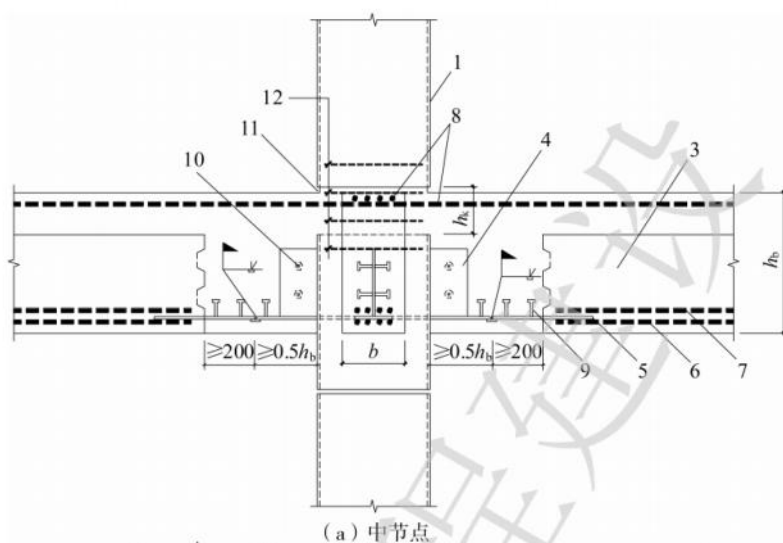


图 12.3.7-2 预制混凝土叠合梁-钢管约束混凝土柱框架用钢管半贯通式节点

- 1—柱钢管；2—半贯通钢管；3—预制梁；4—连接腹板；5—预埋连接钢板；
6—梁端底部连接钢筋；7—梁端不伸入支座钢筋；8—梁端上部纵筋；
9—构造栓钉；10—腹板抗剪栓钉；11—钢管与梁顶面预留缝；
12—节点核心区钢管断开处附加箍筋； h_k —截断高度

12.3.10 钢管半贯通式节点中,上柱下端箍筋宜加密,加密区箍筋的间距和直径应满足现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的框架柱的构造要求。

12.3.11 钢管约束混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点梁端连接板连接点到柱边的距离不应小于 $0.5h_b$ (h_b 为叠合梁截面高度),梁端后浇段的箍筋尚应满足下列要求:

1 箍筋间距不宜大于 75mm;

2 抗震等级为一、二级时,箍筋直径不应小于 10mm,抗震等级为三、四级时,箍筋直径不应小于 8mm。

12.3.12 预制梁端底部连接钢筋为实际计算梁端底部所需的纵筋面积,与梁端预埋钢板进行等强焊接,采用双面角焊缝,焊缝长度不应小于 100mm,最小焊脚尺寸不应小于 5mm。预埋钢板与底部连接钢筋受拉承载力设计值相等,其外伸段长度尚应不小于 200mm。

12.3.13 连接腹板的受剪承载力不应小于梁端设计的斜截面受剪承载力。连接腹板的受剪承载力:

$$V = f_v h_w t_w \geq V_{cs} \quad (12.3.13)$$

式中: V ——腹板的受剪承载力(N);

V_{cs} ——梁端斜截面承载力设计值(N),按照《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行计算;

f_v ——腹板的抗剪强度设计值(N/mm^2);

h_w ——腹板高度(mm);

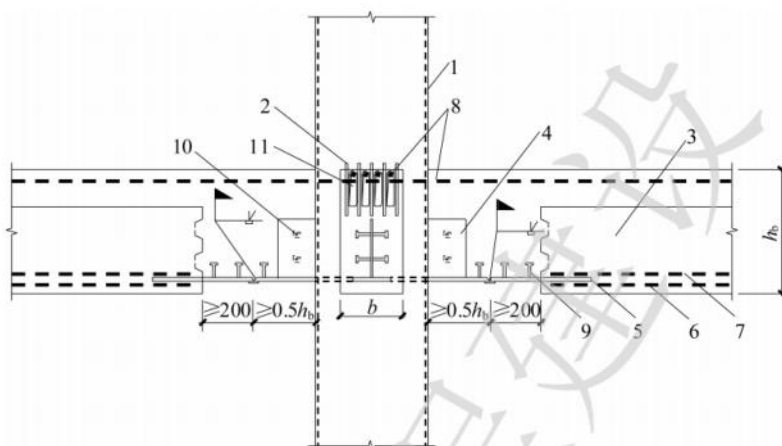
t_w ——腹板厚度(mm)。

12.3.14 叠合梁端竖向接缝的受剪承载力设计值可按照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 进行计算,竖向接缝的受剪承载力设计值应不小于梁端斜截面受剪承载力设计值。

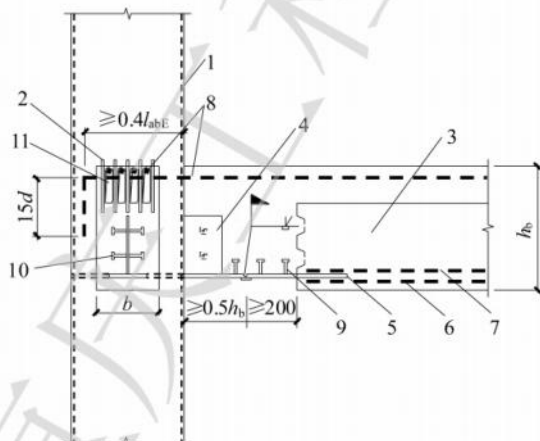
IV 混凝土叠合梁-钢管混凝土柱节点

12.3.15 钢管混凝土柱与预制混凝土叠合梁框架节点可采用穿

筋节点(图 12.3.15)。



(a) 中节点



(b) 边节点/角节点

图 12.3.15 预制混凝土叠合梁-钢管混凝土柱框架连接用穿筋节点

1—柱钢管;2—开洞加强板;3—预制梁;4—连接腹板;5—预埋连接钢板;

6—梁端底部连接钢筋;7—梁端不伸入支座钢筋;8—梁端上部纵筋;

9—构造栓钉;10—腹板抗剪栓钉;11—穿筋竖孔

12.4 梁墙的连接

12.4.1 钢梁宜与混凝土剪力墙铰接。当钢梁为框架梁或受力较大的次梁时,宜采用图 12.4.1(a)形式,在混凝土剪力墙内预埋型钢柱,钢梁与钢柱上伸出的牛腿可采用高强螺栓连接。当混凝土剪力墙内无法埋置钢柱时,框架钢梁或受力较大的次梁可按图 12.4.1(b)与剪力墙内的预埋件连接,锚筋长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

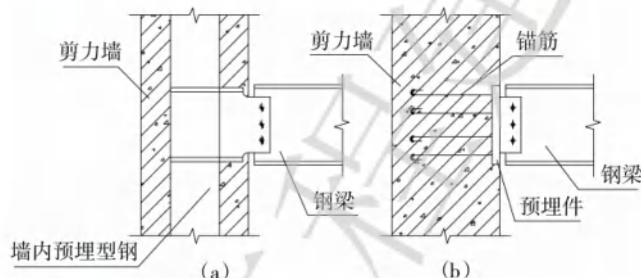


图 12.4.1 钢梁与混凝土剪力墙的铰接连接示意

12.4.2 当型钢混凝土梁或钢梁需要与混凝土剪力墙刚接时,应在混凝土墙中设置型钢。梁中型钢或钢梁与墙中型钢柱形成刚性连接,连接方式应符合钢梁或型钢混凝土梁与型钢混凝土柱的连接要求,与钢梁或型钢混凝土梁刚接的墙内钢柱宜设置栓钉。型钢混凝土梁中的纵向主筋应锚入墙中,锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

12.5 竖向构件间的连接

12.5.1 框架柱钢构件间接头位置距框架梁上方距离宜取 1.3m 和柱净高一半二者中的较小值。上、下柱对接接头宜采用全熔透焊缝,柱接头上下各 100mm 范围内,翼缘与腹板或箱型构件壁板

间焊缝应采用全熔透焊缝。

12.5.2 下部型钢混凝土柱与上部钢柱、钢管混凝土柱连接时应设置过渡层。过渡层柱宜按以下方法设计：

1 从设计计算中确定某层柱可由型钢混凝土柱改为钢柱时，下部型钢混凝土柱应向上延伸一层作为过渡层，过渡层中的型钢应按上部钢结构设计要求的截面配置，且向下一层延伸至梁下部不小于 2 倍柱型钢截面高度为止；

2 结构过渡层及过渡层以下一层型钢混凝土柱中的型钢应设置栓钉，栓钉的水平及竖向间距不宜大于 200mm；栓钉至型钢钢板边缘距离宜大于 50mm，箍筋沿柱应全高加密；

3 十字形柱与箱形柱相连处，十字形柱腹板宜深入箱形柱内，其伸入长度不宜小于柱型钢截面高度；

4 结构过渡层的层抗弯刚度宜取 $E_c I_c + E_s I_a$ ，其中 $E_c I_c$ 为过渡层型钢截面外的混凝土截面抗弯刚度，设计中宜满足过渡层和上、下相邻层刚度相差不超过 30%，且应满足连接构造要求。

12.5.3 等直径圆钢管或等截面矩形钢管接长，宜采用等强度坡口对接焊缝，钢管内宜设置开孔隔板、衬管或衬板。如果圆钢管有纵向对接焊缝，则上、下钢管的纵向对接焊缝在环向对接连接处应错开。根据构造和运输要求，钢管柱可按多个楼层下料分段制作，分段接头宜设在楼面以上 1.0~1.3m 处；分段钢管在现场连接时，宜设置内衬套圈。

12.6 柱 脚

12.6.1 钢框架柱的柱脚可采用埋入式柱脚、插入式柱脚及外包式柱脚，其设计应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

12.6.2 型钢混凝土柱可采用型钢埋入基础底板（承台）的埋入式柱脚或非埋入式柱脚，其设计应满足现行行业标准《组合结构

设计规范》JGJ 138 的相关规定。

12.6.3 钢管混凝土柱的柱脚当采用端承式柱脚或埋入式柱脚，其设计应满足现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定。也可采用钢筋-钢管搭接式柱脚(图 12.6.3-1)或外包式柱脚(图 12.6.3-2)。钢筋-钢管搭接式柱脚的钢管应在基础顶面断开，断开处的钢管留缝高度不应小于 10mm，不宜大于 20mm。外包式柱脚置于基础顶面。

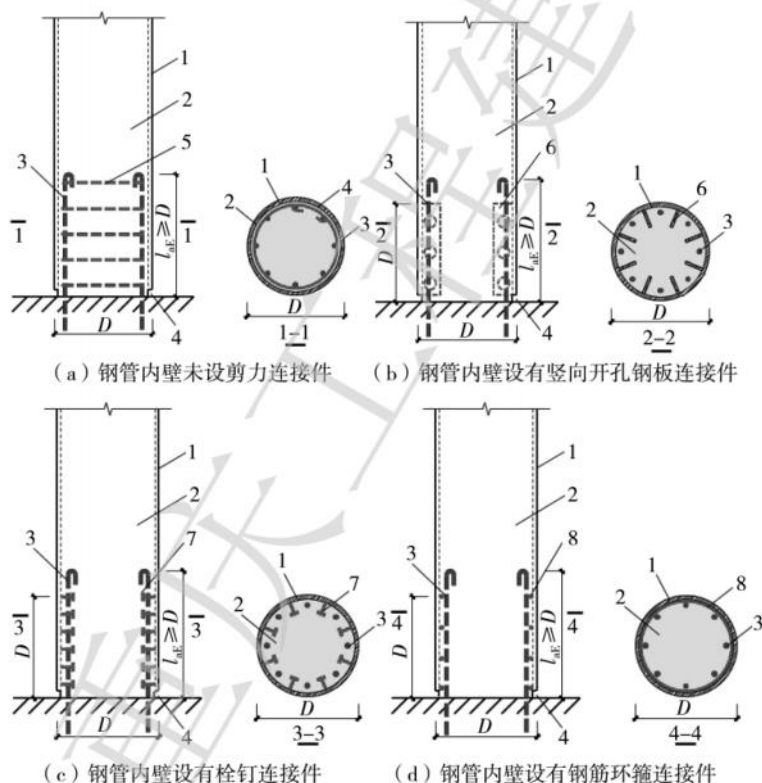


图 12.6.3-1 纵筋搭接锚固式柱脚构造示意

1—柱钢管；2—柱混凝土；3—柱脚纵筋；4—钢管与基础顶面预留缝(10~20mm)；

5—柱脚箍筋；6—竖向开孔钢板连接件；7—栓钉连接件；8—钢筋环箍连接件

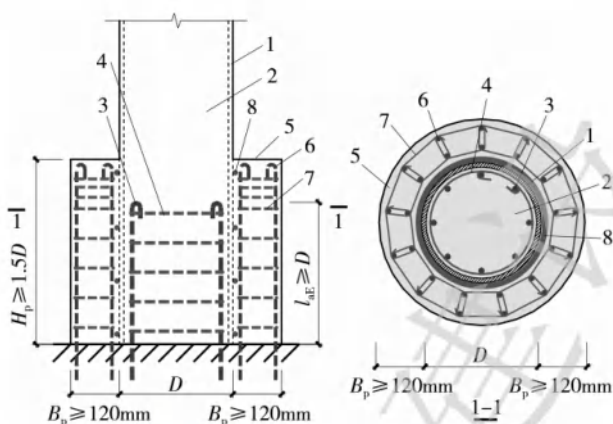


图 12.6.3-2 外包式柱脚构造示意

- 1—柱钢管；2—柱混凝土；3—柱脚纵筋；4—柱脚箍筋；5—外包混凝土；
6—外包混凝土内纵筋；7—外包混凝土内箍筋；8—环箍连接件

12.6.4 搭接式柱脚钢管壁厚比大于 120、混凝土强度大于 C60 或轴压比大于 0.4 时，应综合考虑增强柱脚区域约束作用以及钢管和混凝土界面抗剪，应在不小于 1 倍钢管直径高度范围内设置剪力连接件，连接件宜采用环箍连接件、栓钉连接件或开孔钢板连接件。

12.6.5 外包式柱脚应在钢管外壁设置环箍连接件，设置范围为基础顶到外包混凝土层顶。环箍连接件直径不应小于 16mm，不少于 3 道，一级、二级抗震时环箍间距不宜大于 100mm，三级、四级抗震时环箍间距不宜大于 150mm，宜采用连续双面焊缝与钢管焊接。

12.6.6 搭接式柱脚纵筋应满足抗震最小配筋率要求，其伸入基础和钢管混凝土柱中的长度均应满足混凝土结构抗震锚固要求，且不应小于 1 倍钢管直径。基础内纵筋应设置箍筋，节点区域应局部加密，钢管混凝土柱内未设置抗剪连接件时纵筋应设置箍筋，箍筋设置应满足抗震构造要求。

12.6.7 外包混凝土层的高度 H_p 不应小于 1.5 倍钢管直径，外

包混凝土层厚度 B_p 不应小于 120mm。当外包混凝土层厚度不超过 180mm 时,可仅设置外层纵筋和箍筋,且纵筋和箍筋应分别满足最小配筋率和配箍率要求;当外包混凝土层厚度超过 180mm 时,还应增设内层纵筋和箍筋,其纵筋和箍筋应分别满足最小配筋率和配箍率要求。

12.6.8 外包混凝土层纵筋伸入基础混凝土中的长度应满足抗震锚固要求;外包混凝土层纵筋应伸至外包混凝土层顶部,并应满足抗震锚固要求。外包混凝土层顶部箍筋应局部加密且不应少于三道,间距不应大于 50mm。

12.6.9 采用搭接式柱脚的钢管混凝土柱,应验算柱底和距离柱底 1 倍钢管直径高度处截面承载力,柱底截面应按《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471 进行验算,距离柱底 1 倍钢管直径高度处的截面应按《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 进行验算。采用外包式柱脚的钢管混凝土柱,应分别验算柱底和外包混凝土层顶部的截面承载力,柱底截面应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行验算,外包层顶部截面应按《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 进行验算。

12.6.10 采用搭接式柱脚,建筑高度不应大于 100m;对柱脚可能出现的拉弯受力工况,设计时不应考虑钢管的约束作用,且不应采用钢管内壁未设剪力连接件的搭接式柱脚(图 12.6.3-1a)。

12.6.11 采用搭接式柱脚的钢管混凝土柱,可按钢管混凝土构件进行构件验算,但截面抗弯刚度取值应为折减后的钢管混凝土截面抗弯刚度,折减系数 K_L 应按式计算:

$$K_L = \frac{-2.08 + 2.07[(EI)_0/(EI)_D]}{1.42 + 1.12(L_0/D)} + 1 \quad (12.6.11-1)$$

$$(EI)_0 = k_c E_c I_c + E_b I_b \quad (12.6.11-2)$$

$$(EI)_D = k_c E_c I_c + E_s I_s \quad (12.6.11-3)$$

$$k_c = 0.6 + \frac{2A_s}{A_s + A_c} \quad (12.6.11-4)$$

式中: $(EI)_0$ ——搭接式柱脚柱底截面抗弯刚度($N \cdot mm^2$);

$(EI)_D$ ——搭接式柱脚距柱底 1 倍钢管直径高度处截面抗弯刚度($N \cdot mm^2$);

L_0 ——柱计算长度(mm);

k_c ——修正系数;

E_b ——纵筋弹性模量(N/mm^2);

I_b ——纵筋截面惯性矩(mm^4);

E_s ——钢管弹性模量(N/mm^2);

I_s ——钢管截面惯性矩(mm^4);

A_s ——钢管毛截面面积(mm^2);

A_c ——混凝土毛截面面积(mm^2)。

12.6.12 采用外包式柱脚的钢管混凝土柱,可按钢管混凝土构件进行构件验算,但截面抗弯刚度取值应为折减后的钢管混凝土截面抗弯刚度,折减系数 K_c 应按下式计算:

$$K_c = \frac{-0.83 + 1.32[(EI)_{0C}/(EI)_{DC}]}{0.78 + 1.17(L_0/H_r)^{2.11}} + 1.22 \quad (12.6.12-1)$$

$$(EI)_{0C} = K_c E_c I_c + E_b I_b + E_{br} I_{br} \quad (12.6.12-2)$$

$$(EI)_{DC} = K_c E_c I_c + E_s I_s \quad (12.6.12-3)$$

式中: $(EI)_{0C}$ ——外包式柱脚柱底截面抗弯刚度($N \cdot mm^2$);

$(EI)_{DC}$ ——外包式柱脚外包混凝土层顶部截面抗弯刚度($N \cdot mm^2$);

H_r ——外包混凝土层高度(mm);

E_{br} ——外包混凝土内纵筋弹性模量(N/mm^2);

I_{br} ——外包混凝土内纵筋截面惯性矩(mm^4)。

13 结构防护

13.1 防火规定

13.1.1 混合结构中的梁、柱和楼板应进行抗火设计。防火保护措施及其构造应按照安全可靠、经济合理的原则确定。

13.1.2 混合结构中各构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中的有关规定。

13.1.3 当钢构件的耐火时间不能达到规定的设计耐火极限要求时,应进行防火保护设计,建筑钢结构应按现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 进行抗火性能验算。

13.1.4 钢结构的防火保护,应优先选用防火板和防火涂料。防火板和防火涂料工程应在钢结构安装工程施工质量验收合格后进行。

13.2 防腐规定

13.2.1 钢结构防腐蚀设计应根据建筑物的重要性、环境腐蚀条件、施工条件等要求合理确定防腐蚀设计年限。

13.2.2 钢构件的表面处理、除锈方法、除锈等级的确定、涂料品种的选择、涂装遍数、涂装间隔和涂层厚度应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

14 生产和运输

14.1 一般规定

14.1.1 预制构件生产企业应有固定的生产车间,应有专门的生产、技术管理团队和产业工人,并应建立技术标准体系及安全、质量、环境管理体系。预制构件生产过程及管理应采用信息管理技术。主要产品宜使用自动化生产线。

14.1.2 预制构件生产前,应根据设计要求和生产条件编制生产工艺方案,对构造复杂和首次加工的预制构件宜进行工艺性试验。

14.1.3 预制构件生产前,应有经批准的预制构件深化设计图或产品设计图,设计深度应满足生产、运输和安装等技术要求。

14.1.4 生产过程质量检验控制应符合下列规定:

1 首批(件)产品加工应进行检验,产品经检验合格确定主要工艺条件,方可进行批量生产;

2 首批(件)产品检验合格后,批量生产时应对产品生产加工工序特别是重要工序控制进行巡回检验;

3 产品生产加工完成后,应由专业检验人员根据检验指标对生产产品按批次进行检验,做好产品检验记录,并应对检验中发现的不合格产品的批次进行复检,对不合格品应做好记录,进入不合格品库;

4 应严格按照图样及工艺技术要求的外观质量、规格尺寸等进行出厂检验,做好检验记录,签署产品合格证后方可入库。

14.1.5 预制构件的运输方式应根据预制构件的特点、工程要求确定。构件出厂时,应有构件重量、重心位置、吊点位置等标志。

14.2 构件生产

14.2.1 钢构件加工制作工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

14.2.2 钢构件制作详图应根据设计图和其他有关技术文件进行编制,其内容包括设计说明、构件清单、布置图、加工详图、安装节点详图等。

14.2.3 墙板、内装部品和主体结构的连接件宜与钢构件同时配送。

14.2.4 钢构件焊接宜采用自动焊接或半自动焊接,并按评定合格的工艺进行焊接。焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

14.2.5 钢构件除锈宜在室内进行,除锈方法及等级应符合设计要求,当设计无要求时,宜选用喷砂或抛丸除锈方法。

14.2.6 钢构件防腐涂装应符合下列规定:

1 宜在室内进行防腐涂装;

2 防腐涂装应按设计文件的规定执行;

3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定执行。

14.2.7 高强度螺栓孔宜采用数控钻床制孔和套模制孔,制孔质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

14.2.8 钢构件宜在出厂前进行预拼装,构件预拼装可采用实体预拼装或数字模拟预拼装。

14.2.9 预制混凝土构件生产应符合现行重庆市地方标准《装配式建筑混凝土预制构件生产技术标准》DBJ50/T-190 的规定。

14.3 包装、运输与堆放

14.3.1 小型预制构件和配件出厂前宜进行包装。

14.3.2 对超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应制定专门的质量安全保证措施。

14.3.3 选用的运输车辆应满足预制构件的尺寸、重量等要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸时应采取保证车体平衡的措施；
- 2 应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输时应采取防止预制构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处宜设置保护衬垫。

14.3.4 预制构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并按预制构件的保管技术要求采用相应的防雨、防潮、防暴晒、防污染和排水等措施；
- 2 构件支垫应坚实，垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致；
- 3 重叠堆放构件时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块的承载力、吊装的便利性和安全性等确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施。

15 施 工

15.1 一般规定

15.1.1 施工中应根据结构特点编制施工组织设计和施工方案。

15.1.2 钢框架(混合框架)-核心筒结构施工中,核心筒应先于框架结构施工,高差宜控制在4~8层,并应满足施工期的相关计算要求。

15.1.3 钢框架(混合框架)-核心筒结构施工时,应采取控制内外结构的竖向变形差异的措施。

15.1.4 施工单位应根据装配式混合结构建筑的特点,选择合适的施工方法,制定合理的施工顺序,并应尽量减少临时支撑用量,提高施工效率。

15.1.5 施工用的设备、机具、工具和计量器具,应满足施工要求,计量器具应进行检定和校准。

15.1.6 施工宜采用信息化技术,对安全、质量、技术、施工进度等进行全过程的信息化协同管理。宜采用建筑信息模型(BIM)技术对结构构件、建筑部品和设备管线等进行虚拟建造。

15.1.7 施工应遵守国家环境保护的法规和标准,采取有效措施减少各种粉尘、废弃物、噪声等对周围环境造成的污染和危害;并应采取可靠有效的防火等安全措施。

15.1.8 施工单位、监理单位应对进场的预制构件进行进场验收,合格后方可使用。

15.1.9 安装施工前,应进行测量放线,设置构件安装定位标识。测量放线应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026的有关规定。

15.1.10 安装施工前,应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定,检查复核吊装设备及吊具,并应复核吊装设备的吊装能力。

15.1.11 防护系统应按照施工方案进行搭设、验收,并应符合下列规定:

1 工具式外防护架应试组装并全面检查,附着在构件上的防护系统应复核其与吊装系统的协调;

2 防护架应按施工方案搭设;

3 高处作业人员应正确使用安全防护用品,宜采用工具式操作架进行安装作业。

15.1.12 预制构件吊运应符合下列规定:

1 应根据预制构件的形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备,所采用的吊具和起重设备及其操作,应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定;

2 吊点数量、位置应经计算确定,应保证吊具连接可靠,应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合的措施;

3 吊索水平夹角不宜小于 60° ,不应小于 45° ;

4 吊运过程,应保持稳定,不得偏斜、摇摆和扭转,严禁吊装构件长时间悬停在空中;

5 吊装大型构件、薄壁构件或形状复杂的构件时,应使用分配梁或分配桁架类吊具,并应采取避免构件变形和损伤的临时加固措施。

15.1.13 预制构件吊装就位后,应及时校准并采取临时固定措施。预制构件就位校核与调整应符合下列规定:

1 预制墙板、预制柱等竖向构件安装后,应对安装位置安装标高、垂直度进行校核与调整;

2 叠合构件预制梁等水平构件安装后应对安装位置、安装标高进行校核与调整;

3 水平构件安装后,应对相邻预制构件平整度、高低差拼缝尺寸进行校核与调整;

4 装饰类构件应对装饰面的完整性进行校核与调整;

5 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳固性,应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行验算。

15.1.14 预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行。

15.2 钢结构施工

15.2.1 钢结构施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

15.2.2 钢结构施工前应进行施工阶段设计,选用的设计指标应符合设计文件和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 等的规定。施工阶段结构分析的荷载效应组合和荷载分项系数取值,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。

15.2.3 钢结构应根据结构特点选择合理顺序进行安装,并应形成稳固的空间单元,必要时应增加临时支撑或临时措施。

15.2.4 安装时应计入竖向压缩变形对结构的影响,并应根据结构特点和影响程度采取预调安装标高设置后连接构件等措施。

15.2.5 钢结构施工期间,应对结构变形、环境变化等进行过程监测,监测方法、内容及部位应根据设计或结构特点确定。

15.2.6 钢结构现场焊接工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

15.2.7 钢结构紧固件连接工艺和质量应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收标准》

GB 50205 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

15.2.8 钢结构现场涂装应符合下列规定：

1 构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及安装连接部位的涂层应进行现场补漆，并应符合原涂装工艺要求；

2 构件表面的涂装系统应相互兼容；

3 防火涂料应符合国家现行有关标准的规定；

4 现场防腐和防火涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

15.2.9 钢管内的混凝土浇筑应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 和《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901 的规定。

15.3 混凝土结构施工

15.3.1 现浇混凝土结构施工应符合国家现行有关标准的规定。

15.3.2 预制构件、安装用材料及配件等应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定，并应按照国家现行相关标准的规定进行进场验收。

15.3.3 竖向预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 预制构件的临时支撑不宜少于 2 道；

2 对预制柱、墙板构件的上部斜支撑，其支撑点距离板底的距离不宜小于构件高度的 $2/3$ ，且不应小于构件高度的 $1/2$ ；斜支撑应与构件可靠连接；

3 构件安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调。

15.3.4 水平预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 首层支撑架体的地基应平整坚实，宜采取硬化措施；

2 临时支撑的间距及其与墙、柱、梁边的净距应经设计计算

确定,竖向连续支撑层数不宜少于2层且上下层支撑宜对准;

3 叠合板预制底板下支撑间距应经计算确定。

15.3.5 预制梁或叠合梁安装应符合下列规定:

1 安装顺序宜遵循先主梁后次梁、先低后高的原则;

2 安装前,应测量并修正临时支撑标高确保与梁底标高一致,并在柱上弹出梁边控制线;安装后根据控制线进行精密调整;

3 安装前,应复核柱钢筋与梁钢筋位置、尺寸,对梁钢筋与柱钢筋位置有冲突的,应按经设计单位确认的技术方案调整;

4 安装时梁伸入支座的长度与搁置长度应符合设计要求;

5 安装就位后应对水平度、安装位置、标高进行检查;

6 叠合梁的临时支撑,应在混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

15.3.6 叠合板预制底板安装应符合下列规定:

1 预制底板吊装完后应对板底接缝高差进行校核;当叠合板板底接缝高差不满足设计要求时,应将构件重新起吊,通过可调托座进行调节;

2 预制底板的接缝宽度应满足设计要求;

3 端部的搁置长度应符合设计或国家现行有关标准的规定;

4 叠合层混凝土浇筑前,应按设计要求检查结合面的粗糙度及外露钢筋;

5 临时支撑应在后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

15.3.7 压型钢板楼板和钢筋桁架叠合板的施工应按现行国家标准《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901 执行。

16 质量验收

16.1 一般规定

16.1.1 混合结构的验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及相关标准的规定。当国家现行标准对工程中的验收项目未作具体规定时,应由建设单位组织设计、施工、监理等相关单位制定验收要求。

16.1.2 装配式结构应按混凝土结构子分部工程进行验收;当结构中部分采用现浇混凝土结构时,装配式结构部分可作为混凝土结构子分部工程的分项工程进行验收。

装配式结构验收应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定。

16.1.3 钢结构、混合结构的施工质量要求和验收标准应按现行国家标《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行。

16.2 钢结构工程质量验收

16.2.1 钢结构主体工程焊接工程验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定,在焊前检验、焊中检验和焊后检验基础上按设计文件和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定执行。

16.2.2 钢结构主体工程紧固件连接工程应按现行国家标准《钢

结构工程施工质量验收标准》GB 50205 规定的质量验收方法和质量验收项目执行,同时尚应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

16.2.3 钢结构防腐涂装工程应按国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212、《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224 和《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的规定进行验收;金属热喷涂防腐和热镀锌防腐工程,应按现行国家标准《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T 9793 和《热喷涂金属零部件表面的预处理》GB/T 11373 等有关规定进行质量验收。

16.2.4 钢结构防火涂料、防火板及其他防火包覆材料的质量验收应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的规定。

16.3 混凝土结构工程质量验收

16.3.1 混凝土结构工程的施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

16.3.2 楼板及屋面板应按下列标准进行验收:

1 压型钢板楼板和钢筋桁架叠合板应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行验收;

2 预制带肋底板混凝土叠合楼板应按现行行业标准《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》JGJ/T 258 的规定进行验收;

3 预制预应力空心板叠合楼板应按现行国家标准《预应力混凝土空心板》GB/T 14040 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》(2015 年版)GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》(2016 年版)GB 50011
- 4 《建筑设计防火规范》(2018 年版)GB 50016
- 5 《钢结构设计标准》GB 50017
- 6 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 7 《工程测量标准》GB 50026
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 9 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 10 《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212
- 11 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 12 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 13 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
- 14 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 15 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 16 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 17 《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901
- 18 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
- 19 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249
- 20 《工程结构通用规范》GB 55001
- 21 《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030
- 22 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518
- 23 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 24 《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725

- 25 《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728
- 26 《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T 9793
- 27 《热喷涂 金属零部件表面的预处理》GB/T 11373
- 28 《建筑用压型钢板》GB/T 12755
- 29 《预应力混凝土空心板》GB/T 14040
- 30 《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224
- 31 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 32 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
- 33 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 34 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 35 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 36 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
- 37 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114
- 38 《组合结构设计规范》JGJ 138
- 39 《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178
- 40 《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240
- 41 《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251
- 42 《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》JGJ/T 258
- 43 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
- 44 《高抛免振捣混凝土应用技术规程》JGJ/T 296
- 45 《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380
- 46 《钢管约束混凝土结构技术标准》JGJ/T 471
- 47 《预应力混凝土空心板应用技术标准》DBJ50/T

重庆市工程建设标准

装配式钢-混凝土混合结构技术标准

DBJ50/T-477-2024

条文说明

2024 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	79
2	术语和符号	81
2.1	术语	81
3	结构设计基本规定	82
3.1	一般规定	82
3.2	房屋适用高度和高宽比	82
3.3	结构平面布置	83
3.5	抗震等级	83
4	材料	84
4.1	钢筋与混凝土	84
5	作用和作用组合	85
5.2	作用组合及其效应	85
6	结构计算分析	86
6.1	一般规定	86
6.2	计算参数及内力调整	87
6.3	罕遇地震作用下变形验算	88
7	框架结构设计	89
7.2	钢构件	89
8	交错桁架结构设计	90
8.1	一般规定	90
8.3	构件设计与构造	90
9	框架-剪力墙及筒体结构设计	91
9.1	一般规定	91
10	支撑巨型框架-核心筒结构设计	93

11	楼盖设计	94
11.1	一般规定	94
11.3	预应力混凝土叠合板楼盖	94
11.5	压型钢板楼盖	95
11.7	预应力混凝土双 T 板楼盖	96
11.8	楼盖振动舒适度	96
12	装配式连接与节点设计	100
12.1	一般规定	100
12.3	混凝土梁-柱框架节点	100
13	结构防护	103
13.1	抗火规定	103
15	施工	104
15.1	一般规定	104

1 总 则

1.0.1 为落实“节能、降耗、减排、环保”的基本国策,实现资源、能源的可持续发展,提高我国建筑产业的现代化进程,提高工业化水平,基于国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 及行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014,借鉴国内外成熟技术及成功经验,制定本标准。

装配式建筑具有工业化水平高、便于冬期施工、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等优点,它有利于实现提高建筑质量、提高生产效率、降低成本、实现节能减排和保护环境的目的。装配式建筑在许多国家和地区,如欧洲、新加坡,以及美国、日本、新西兰等处于高烈度地震区的国家都得到了广泛的应用。在我国,近年来,由于节能减排要求的提高,以及劳动力价格的大幅度上涨等因素,预制构件的应用开始呈现迅速上升的趋势。

与上一代的装配式结构相比,新一代的装配式结构采用了许多先进技术。本标准综合反映了国内外近几年来在装配式结构领域的最新科研成果和工程实践经验,提出了非多重抗侧力体系的设计理念及方法,所提出的各项要求与国家现行相关标准协调一致。

本标准是对装配式结构设计的最低限度要求,设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

1.0.2 本标准适用的装配式钢-混凝土混合结构包括混合框架、交错桁架混合框架、钢框架(或混合框架)-钢筋(或型钢)混凝土剪力墙或钢板组合剪力墙、钢框架(或混合框架)-钢筋(或型钢)混凝土核心筒或钢板组合核心筒,可按双重抗侧力体系或单重抗侧力

体系进行设计。

本标准适用于抗震设防烈度为 6~7 度的装配式混合结构,有特殊设防要求时需开展专项研究。

1.0.3 鉴于本标准所涉及内容在很多方面与国家现行有关标准有相同之处,为避免重复,本规定主要对装配式钢-混凝土混合结构有关的内容作出规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.7 开孔钢板连接件 Perfobond connector, 源于德文 Perfbond Leiste, 简称 PBL 连接件。

3 结构设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.3 在工程应用中,混合结构可以是沿竖向结构体系的混合,也可以是组成结构体系的抗侧力构件的混合。对于混凝土结构体系中局部构件采用组合构件,不应视为混合结构,宜按照混凝土结构的相关规定执行,但其组合构件的设计及构造措施应参照相关规程的规定执行。

混合结构的结构形式沿竖向高度可存在多种组合:

- 1 下部若干层采用混合结构,上部采用混凝土结构或钢结构;
- 2 下部若干层采用混凝土结构,上部采用钢结构;
- 3 结构全高采用钢构件、混凝土构件、组合构件组成的混合结构。

3.2 房屋适用高度和高宽比

3.2.1 本条说明如下:

1 框架结构在水平地震作用下以剪切变形为主,对于沿结构高度采用不同结构体系的混合框架,应该以底部楼层的结构体系进行结构高度控制。如对下部楼层采用混凝土结构,上部楼层采用钢结构或混合结构等组成的混合结构建筑,其结构高度应按照混凝土结构的相关规定执行;

2 平面和竖向均不规则的建筑结构,其最大适用高度宜适当降低;

3 在框架-剪力墙结构或者筒体结构中,如果剪力墙或者筒体采用装配式连接,目前国内比较少见,应进行专项的论证;

4 钢板组合剪力墙结构最大适用高度取与混凝土剪力墙结构相同的规定,虽然钢板组合剪力墙结构的抗震性能优于混凝土剪力墙,但由于实际应用时短肢剪力墙较多,当短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的 30%时,房屋最大适用高度应适当降低,所以取为与混凝土剪力墙相同的规定;

5 交错桁架结构的最大高度限值,参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对框架结构的规定,考虑到这种新型结构在我国应用还缺乏设计与施工经验,最大高度均按框架结构适当降低。另外,交错桁架结构的纵向框架抗侧刚度不足时,桁架的平面外,可采用框架-支撑、框架-剪力墙等抗侧力体系,其中剪力墙可为钢板剪力墙、组合剪力墙或混凝土剪力墙等。

3.3 结构平面布置

3.3.2 当采用叠合板楼盖时,需要有明确的计算依据。可参考协会标准《预应力混凝土空心板应用技术标准》DBJ50/T-475-2024。

3.5 抗震等级

3.5.1 关于交错桁架结构,表 3.5.1 对桁架平面内的抗震等级进行了规定,其平面外的抗震等级、适用高度、高宽比等,按平面外的抗侧力体系确定。

4 材 料

4.1 钢筋与混凝土

4.1.1 装配式结构中所采用的混凝土、钢筋的各项力学性能指标,以及结构混凝土材料的耐久性能的要求,应分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 版)的相应规定。

参考 JGJ 1-2014 装配式混凝土结构设计规程,对于连接接缝的设计要求,增加了设置抗剪粗糙面的要求,由抗剪粗糙面和抗剪键槽共同形成连接接缝处混凝土的抗剪能力。在受剪承载力计算中,与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 版)保持一致,采用了混凝土轴心抗拉强度设计值指标。

4.1.2 钢管混凝土柱或钢管约束混凝土柱中可采用再生骨料混凝土、自密实混凝土或高抛免振捣混凝土。再生混凝土、自密实混凝土和高抛免振捣混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合相应的现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 和《高抛免振捣混凝土应用技术规程》JGJ/T 296 的有关规定。

5 作用和作用组合

5.2 作用组合及其效应

5.2.1 对装配式结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算时,荷载和地震作用的取值及其组合均应按国家现行相关标准执行。

6 结构计算分析

6.1 一般规定

6.1.3 装配式结构进行弹塑性分析时,构件及节点均可能进入塑性状态。受力全过程能够实现等同现浇的湿式连接节点,可按照连续的混凝土结构模拟,忽略接缝的影响。对于其他类型的节点及接缝,应根据试验结果或精细有限元分析结果,总结节点及接缝的特性,如弯矩-转角关系、剪力-滑移关系等,并反映在计算模型中。

6.1.4 抗震计算时,混合结构的阻尼比取决于混凝土构件和钢构件在总变形能中所占比例的大小,可按各类水平抗侧构件在结构总变形能所占的比例折算为等效阻尼比。不同材料的能量耗散机理不同,因此相应构件的阻尼比也不相同,钢构件可取 0.02,混凝土构件可取 0.05。

风振计算时,一般仅考虑结构第一阶振型的影响,不需要采用振型阻尼比法确定结构的阻尼比。风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时,混合框架结构、交错桁架结构可取 0.01~0.02,其他混合结构阻尼比可取 0.03~0.04。

6.1.6 对预应力混凝土空心板楼盖应符合下列要求:

(1)平面规则、连接可靠的有叠合层预应力混凝土空心板楼盖可按刚性楼盖进行结构整体分析。楼层水平地震剪力宜按抗侧力构件等效刚度的比例分配。

(2)平面规则、连接可靠,平面长宽比不大于 3,且纵向接缝灌浆键槽水平剪应力设计值不大于 0.4MPa 的无叠合层预应力混凝土空心板楼盖,可按刚性楼盖进行结构整体分析;否则宜根据

楼盖平面内实际变形,合理确定楼盖计算假定后进行结构整体分析。

无叠合层的预应力混凝土双 T 板楼盖应按半刚性或柔性楼盖考虑。

6.2 计算参数及内力调整

6.2.1 建筑结构进行弹性分析时,混凝土结构一般不要求考虑重力二阶效应,钢结构附加弯矩大于初始弯矩的 10% 时,要求计算重力二阶效应。对于混合结构,要视结构的刚度和重力大小确定其二阶效应的影响,本条规定当重力引起的附加弯矩大于初始弯矩 10% 时,应计入重力二阶效应的影响。

6.2.3 在竖向荷载作用下,框架梁端负弯矩往往较大,配筋困难,不便于施工和保证施工质量。因此允许考虑塑性变形内力重分布对梁端负弯矩进行适当调幅。混凝土的塑性变形能力有限,调幅的幅度应该加以限制。框架梁端负弯矩减小后,梁跨中弯矩应按平衡条件相应增大。

截面设计时,为保证框架梁跨中截面底钢筋不至于过少,其正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩之半。

6.2.5 对于设计中不参与抗侧力计算、仅承受竖向荷载的柱,为非抗震结构构件,可不按照抗震设计,但应能承受由于 P- Δ 效应产生的弯矩。该规定中轴力设计值包括地震作用组合。

6.2.8 非承重外围护墙、内隔墙的刚度对结构的整体刚度、地震力的分布、相邻构件的破坏模式等都有影响,影响大小与围护墙及隔墙的数量、刚度、与主体结构连接的刚度直接相关。

非承重墙的做法有轻质砌块、轻质填充墙板或外挂墙板等。

填充墙体对主体结构的抗侧刚度影响,主要是由填充墙体自身的刚度和填充墙与主体结构之间的连接方式决定。装配式混

合结构一般采用的轻质墙体其刚度小,当采用预制外挂墙板时,与主体结构之间一般采用柔性连接,所以对周期影响较小,可统一取 0.9~1.0。非承重墙体为砌块隔墙时,周期折减系数的取值可参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 的有关规定。

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 中对框架结构周期折减系数规定为 0.6~0.7。该规定是考虑到非承重墙体采用砌体墙,此处的“砌体墙”不包括采用柔性连接的填充墙和刚度很小的轻质砌体填充墙。本条规定为 0.9~1.0,也可根据墙体实际情况适当取 0.8~1.0。

6.3 罕遇地震作用下变形验算

6.3.2 采用 3 组加速度时程曲线时,可取每条时程曲线计算所得最大弹塑性层间位移角中的最大值作为罕遇地震时该结构的层间弹塑性位移角;采用 7 组加速度时程曲线时,可取每条时程曲线计算所得最大弹塑性层间位移角之和的平均值作为罕遇地震时该结构的层间弹塑性位移角。地震加速度时程的持续时间不宜小于 20s。

7 框架结构设计

7.2 钢构件

7.2.2 现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对于框架柱的长细比和框架梁、柱板件的宽厚比的规定,在设计中不应混用。

8 交错桁架结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 交错桁架结构中,楼板采用预应力混凝土空心板时,空心板垂直于桁架方向布置,跨度大,无次梁,经济性和功能性都很优越。

8.3 构件设计与构造

8.3.1 桁架设计及构造要求应满足现行技术规程《交错桁架钢框架结构技术规程》CECS 323 的相关规定。

9 框架-剪力墙及筒体结构设计

9.1 一般规定

9.1.1 框架-剪力墙结构或框架-筒体结构采用钢管混凝土柱、混凝土梁和钢筋混凝土剪力墙(筒体)时,可采用本规程进行设计。

9.1.4 框架-剪力墙结构和框架-筒体结构是否为单重抗侧力体系,还是双重抗侧力体系,可依据本规程第二章《术语与符号》中单重抗侧力体系和双重抗侧力体系的定义,通过地震剪力分配情况进行判断。另需说明,此处单重抗侧力体系和双重抗侧力体系的判断依据为层间地震剪力分配情况,要区别于框架-剪力墙结构和框架-筒体结构的区分依据(抗倾覆力矩)。

9.1.5 地震作用下建筑结构的抗倒塌能力是基于性能抗震设计核心目标。针对结构的抗倒塌能力,美国应用技术委员会(Applied Technology Council, ATC)开展了“建筑结构抗震性能指标评估”(ATC-63)研究计划,并提出标准化的结构抗倒塌能力评价流程、概率计算方法和验算标准,包括大震可接受倒塌概率、抗倒塌安全储备等重要定量指标。基于上述方法对单重和双重抗侧力体系结构进行倒塌性能对比分析,并以 ATC-63 提出的罕遇地震下结构倒塌概率小于 10% 作为“大震不倒”作为指标进行大震倒塌概率评估。结果表明,依据本标准方法设计的单重框-剪混合结构和依据《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 版)设计的双重框-剪混合结构均具有较好的抗地震倒塌安全性能,其大震倒塌概率均远小于 0.1%,均远远满足“大震不倒”要求,且安全储备系数相近。

按单重抗侧力体系设计时,宜在结构中建立多道抗震防线。

通过设定构件的抗震设防目标,在地震作用过程,使部分构件能够先进入塑性并吸收、耗散地震能量,一旦破坏也易于修复。应优先选用不负担或少负担重力荷载的构件,保证结构损伤后的竖向荷载承担能力。

10 支撑巨型框架-核心筒结构设计

10.0.11 构件内力计算时,标准层采用弹性楼板假定;腰桁架层,不考虑楼板的刚度贡献,楼板刚度退化为零。

11 楼盖设计

11.1 一般规定

11.1.3 叠合楼盖有多种形式,本节中主要对常规叠合楼盖、预应力叠合楼盖、预应力空心板叠合楼盖,预应力双 T 板叠合楼盖的设计方法及构造要求进行了规定。其他形式的叠合楼盖的设计方法可参考现行相关规程。

结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层对整体性及传递水平力的要求较高,为保障结构整体性能,宜采用现浇楼板。若需采用叠合楼盖,应适当增大现浇叠合层厚度,并加强叠合板与支撑结构的连接。

11.3 预应力混凝土叠合板楼盖

11.3.3 预应力混凝土带肋底板叠合板、钢筋桁架叠合板及平板叠合板等端部均可采用预制底板不出筋,附加短钢筋的构造。

重庆大学周绪红院士、刘界鹏教授团队对预应力混凝土带肋叠合板-梁节点进行了抗剪承载力试验。试验表明,当剪跨比为 0.5 时,无附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 8% 以内;有附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 7% 以内。当剪跨比为 2.0 时,无附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 3% 以内;有附加短钢筋的预应力混凝土带肋叠合板-梁节点与现浇构件的剪切承载力相差 5% 以内。有无附加短钢筋对叠合板抗剪性能影响不大。出于安全

富裕考虑,本标准规定端部设置附加短筋,按最小配筋率(按楼板全截面计算)配筋且满足 $15d$ 的锚固要求,计算时可以只考虑混凝土的抗剪作用。

对预应力混凝土平板叠合板进行竖向荷载拟静力试验,试验结果表明,平板叠合板整体性良好,预制层与叠合层未出现分层剥离现象,按构造配置的两端附加短筋受力很小,所受应力远小于屈服强度,可忽略其参与受力。

11.5 压型钢板楼盖

11.5.3 保证一定的凹槽宽度,使混凝土骨料容易浇入压型钢板槽口内,从而保证混凝土密实。由于目前还未见到总高度大于 80mm 的压型钢板用于组合楼板,对其性能没有试验数据。如开发出 $h > 80\text{mm}$ 的压型钢板时,应有足够的试验数据证明其形成组合楼板后的性能满足本规范各项要求。

本条是从构造上对组合楼板的最小厚度要求;应考虑承载力极限状态和正常使用极限状态以及耐火性能等前提下,按经济合理的原则确定。

11.5.5 压型钢板仅作为模板使用,非组合楼板。在施工阶段压型钢板应该与梁的箍筋点焊,保证施工阶段荷载安全性,必要时压型钢板需布置临时支撑。

11.5.6 对组合楼板支承于剪力墙侧面上,预埋件起到传递剪力的作用,由于膨胀螺栓不能承受振动荷载,因此本规范特别强调预埋件不得用膨胀螺栓固定。一般情况下楼板要传递水平力,因此组合楼板与剪力墙之间要求有拉接钢筋,同时配置拉接钢筋可以有效地控制裂缝宽度。如计算不考虑楼板作用,组合楼板与剪力墙之间可以不设拉接钢筋。

11.7 预应力混凝土双 T 板楼盖

11.7.7 预应力混凝土双 T 板组成的楼盖可等效为沿水平力作用方向、两端简支的深梁,与水平力作用方向垂直的外圈梁作为深梁的拉压弦杆。弦杆内力等于深梁所受水平弯矩除以深梁有效梁高,有效梁高取楼盖沿水平力作用方向长度的 0.8 倍。深梁纵向受力钢筋可配置在弦杆内,且优先配置在板厚范围内,如钢筋过密可配置在梁腹板范围内,应尽量减小此钢筋与楼板竖向偏心。钢筋应沿等效深梁跨度方向通长布置。

弦杆与楼板连接位置相当于翼缘与腹板的连接关系,根据剪应力互等原理,弦杆与楼板连接界面存在剪力,需要采取措施保证界面剪力传递。

11.7.8 楼板受到的水平力需通过合理的连接可靠的传递到竖向抗侧力构件上,可以选择直接传递也可以选择通过集力梁传递。

板梁连接处是楼板水平荷载传递至竖向抗侧力构件的关键位置,宜仅考虑连接钢筋或连接钢材的抗剪作用,板侧键槽抗剪作用作为安全储备。

11.8 楼盖振动舒适度

11.8.2 楼盖基频 f_1 可通过模态分析获得,也可按如下公式计算:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\alpha_1}{b^2}} \sqrt{\frac{g}{q_0}} \sqrt{\alpha_2 \frac{D_1}{C^4} + \alpha_3 \frac{D_3}{C^2} + \alpha_4 D_2} \quad (1)$$

式中: C —— a/b ;

g ——重力加速度,建议取值 9.8m/s^2 ;

$\bar{q}_0$ ——楼盖单位面积上荷载。

数 α_1 至 α_4 为常数,其主要与边界条件有关,取值参照表 1。
表中边界条件命名规则具体如图 1 所示。

表 1 各种边界条件下,系数 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 和 α_4 值

边界条件	系数			
	α_1	α_2	α_3	α_4
CCCC	22.79	1	0.667	1
CCCS	15.81	1	1.299	2.078
SCSC	11.39	4	2	0.75
FCFC	8.05	8	0	0
CCSS	π^2	2.56	3.13	2.56
SCSS	13.96	1.281	1.25	0.5
FCFS	1	2.56	0	0
FCFF	20.7	0.0313	0	0
SSSS	19.72	0.25	0.5	0.25
FSFS	13.98	0.5	0	0

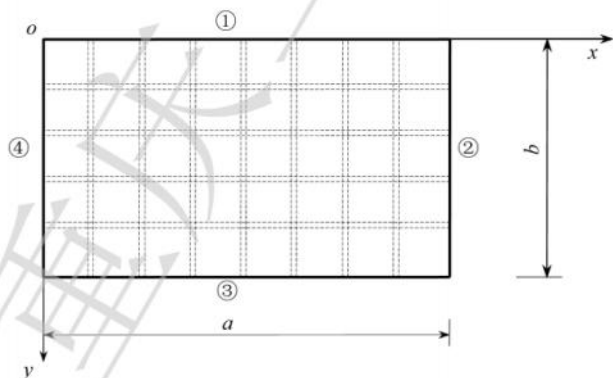


图 1 楼盖边界条件示意

注:1 “S”表示简支,“C”表示固支,“F”表示自由;

2 例如,边界条件为 SCSC 的楼盖为①和③边界简支,②和④边界固支。

2 楼盖振动峰值加速度可按下式计算：

$$a_p = \begin{cases} \frac{4\alpha_J g G_P}{\bar{q}_0 ab \pi} & \text{跳跃} \\ \frac{\alpha_R g G_P \pi^2}{\bar{q}_0 ab} & \text{跑步} \\ \frac{4\alpha_W \pi^2 g G_P f_W^2}{\bar{q}_0 ab} & \text{行走(非共振情形)} \\ \frac{G_P e^{-0.35f_1} g}{\xi \bar{q}_0 ab} & \text{行走(共振情形)} \end{cases} \quad (2)$$

$$\alpha_J = \begin{cases} 4341.04 e^{-0.48f_1} & \text{梁} \\ 17548.53 e^{-0.48f_1} & \text{板} \end{cases} \quad (3)$$

$$\alpha_R = 257.69 - 83.65f_1 + 9.58f_1^2 - 0.37f_1^3 \quad (4)$$

$$\alpha_W = (0.976 + 0.912f_1 + 0.263f_1^2) e^{(0.206 - 0.096f_1 - 0.058f_1^2)} \quad (5)$$

式中： f_W ——步行频率(Hz)，取值范围为 1.8Hz-2.2Hz；

ξ ——楼盖阻尼比，建议取值 0.02；

α_J ——跳跃激励作用下的荷载系数，通过式(3)计算；

α_R ——跑步激励作用下的荷载系数，通过式(4)计算；

α_W ——步行激励作用下的荷载系数，通过式(5)计算；

G_P ——人体体重(N)，建议取值 $70\text{kg} \times g$ 。

11.8.3 参照《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准(JGJ/T441-2019)》楼盖结构第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz。

加速度限值主要参考美国 AISC 及 ISO2631-2 规定的加速度峰值(图 2)。其中，办公室及住宅用楼盖的加速度限值为 ISO 标准曲线数值的 10 倍，室内人行天桥和商场、饭厅、舞厅用楼盖的加速度限值为 ISO 标准曲线数值的 30 倍，室外人行天桥及健身房等有节奏运动场所用楼盖的加速度限值为 ISO 标准曲线数值的 100 倍。特别注意，若评价采用均方根加速度峰值时，需进行

专门研究。

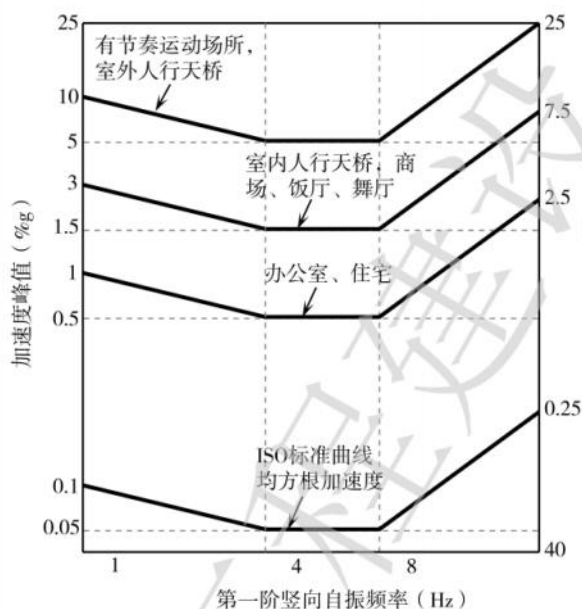


图 2 楼盖振动舒适度限值曲线

12 装配式连接与节点设计

12.1 一般规定

12.1.6 推荐采用节点区域采用壳单元或实体单元建模;通过主从节点、运动约束方程技术应用于整体模型参与整体计算,以便更好的模拟节点的边界约束条件,更充分的考虑有关计算工况的不同影响。

12.3 混凝土梁-柱框架节点

12.3.7 根据重庆大学与重庆恒昇大业建筑科技集团有限公司合作试验表明,钢管全贯通式圆钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点及钢管半贯通式圆钢管约束混凝土柱-预制混凝土叠合梁框架节点抗震性能良好,安全可靠。

钢管全贯通式节点整体性好,但不便于梁叠合层纵筋布置,应用于边节点和角节点时,梁纵筋的弯折段进一步加大了纵筋布置难度;钢管半贯通式节点便于梁叠合层纵筋布置,但增加了无钢管段封模难度,故建议工程应用中,梁宽范围外钢管可保留,用作钢管约束混凝土柱与梁叠合层相交部位模板。

根据施工特点,合理选用钢管全贯通式和钢管半贯通式节点。

12.3.9~12.3.10 钢管截断可为梁叠合层纵筋施工提供极大便利,但同时节点区钢管需要加厚,增加成本。在确定钢管半贯通式节点钢管截断高度时,应综合考虑以上因素。

根据约束模型(图3),按节点区轴压承载力不小于柱身轴压

承载力的原则进行计算,钢管半贯通式节点区钢管厚度 t_j 应满足以下公式:

$$t_j = \left(\frac{2}{k_{c1}} - 1 \right) \frac{t f_{yc}}{k_h f_{yj}}$$

式中: t_j ——节点区钢管厚度;

t ——柱身钢管厚度;

f_{yc} ——柱身钢管屈服强度;

f_{yj} ——节点区钢管屈服强度;

k_{c1} ——截面有效约束系数, $k_{c1} = (1 - h_{t0}/2D)^2$;

k_h ——峰值状态时,节点区钢管平均环向应力与屈服强度比值, $k_h = 0.027t_j / (h_{tj}/D)^{0.67} - 0.0031f_{co} + 0.803$, h_{tj} 为节点区钢管高度, f_{co} 为非约束混凝土的轴心抗压强度。

由上可知,钢管截断高度范围混凝土的约束性能通过钢管区约束性能传递实现,可不考虑箍筋约束贡献。钢管截断高度范围箍筋可按混凝土柱加密区布置。

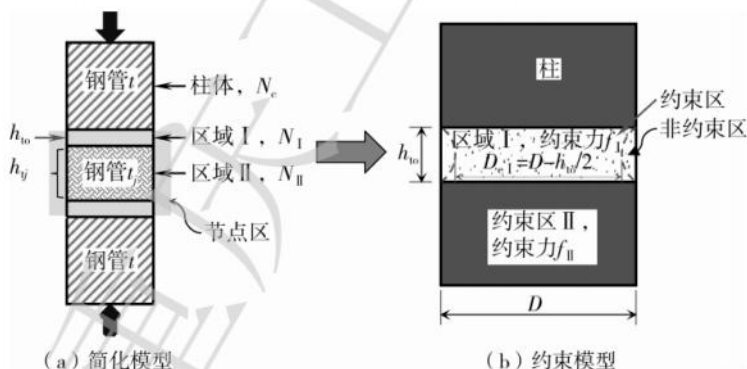


图 3 约束模型示意

12.3.13 考虑梁端剪力全由腹板传递,忽略节点开洞位置梁柱界面混凝土的直剪作用及与腹板连接下翼缘的板托作用。抗剪

连接件应按照现行国家规范《钢结构设计标准》GB50017-2017 进行设计,其抗剪承载力设计值不应低于梁端斜截面抗剪承载力设计值。

13 结构防护

13.1 抗火规定

13.1.4 钢结构的防火还可以使用加气混凝土砌块、混凝土外包等形式。

15 施 工

15.1 一般规定

15.1.2 钢-混凝土混合结构具有工序多、流程复杂、协同作业要求高等特点,施工中应强调各专业之间的协调与配合。

15.1.4 钢框架(混合框架)-核心筒结构施工时,考虑内外结构的竖向变形差异,梁与核心筒之间的连接节点施工可采取先铰接连接,待变形稳定后再固结连接的工艺措施。