

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

T/HNKCSJ013-2024

刚节点装配式混凝土结构技术标准

Technical standard for prefabricated concrete structures with rigid joints

2024-07-05 发布

2024-09-01 实施

河南省工程勘察设计行业协会 发布

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

刚节点装配式混凝土结构技术标准

T/HNKCSJ 013-2024

Technical standard for prefabricated concrete structures with rigid joints

主编单位：大建元和工程设计有限公司

河南众鼎智拓环保科技有限公司

批准单位：河南省工程勘察设计行业协会

施行日期：2024年09月1日

中国建筑工业出版社

2024 北京

关于发布团体标准《刚节点装配式混凝土结构技术标准》的公告

由大建元和工程设计有限公司、河南众鼎智拓环保科技有限公司等单位主编的《刚节点装配式混凝土结构技术标准》已通过评审，现批准为河南省工程勘察设计行业协会团体标准，编号为T/HNKCSJ013-2024，自2024年09月1日起实施，特此公告。

本标准已在河南省工程勘察设计信息网（www.hngks.com）和全国团体标准信息平台公开，由河南省工程勘察设计行业协会负责管理，大建元和工程设计有限公司负责具体内容的解释。

河南省工程勘察设计行业协会

2024年07月05日

前 言

为贯彻国家相关节能降耗及环境保护的法规和政策,促进装配式混凝土建筑的发展,根据河南省工程勘察设计行业协会的工作安排,标准编制组在广泛调查研究和征求意见的基础上,总结工程经验,吸收国内外相关研究成果,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.材料;5.结构设计;6.混凝土构件的预制装配设计;7.构件制作与运输;8.结构施工;9.工程验收。

本标准由河南省工程勘察设计行业协会负责管理,大建元和工程设计有限公司负责具体内容的解释。在实施过程中如有意见和建议,请寄送大建元和工程设计有限公司复杂结构研究所(地址:郑州市聚源路聚源国际B座12楼,电话:0371-60857758,邮编:450000,电子邮箱:hndjmm@163.com)。

本标准主编单位:大建元和工程设计有限公司

河南众鼎智拓环保科技有限公司

本标准参编单位:郑州市建筑设计研究院有限公司

华润置地(郑州)有限公司

徐辉设计股份有限公司

中建中原建筑设计院有限公司

河南省郑新科创有限公司

郑州航空港区航程置业有限公司

中城科泽工程设计集团有限责任公司

南阳市建筑设计研究院

河南利业施工图审查有限公司

本标准主要起草人员: 韩忠民 李红建 严 寒 曹晶华 生永栓 杨慧芹 熊 一
苏晓刚 曹小兵 马延勋 张芳志 赵晓娟 宋金旭 席慧敏
桑照家 邱玉博 张冬雨 李超飞 孔江涛 尹卓越 张永辉
李瑞松 胡向阳 廖 宁 武亚明 耿 佩 林劲松 王振伟
杨力良 张轶鹏 白贵桂 杨 帅 张胜利 朱 辉 陈 颖
张松涛 李丹丹 张小辉 史哲甫 刘 松 刘振华

本标准主要审查人员: 杜朝华 高树才 李建民 郭 磊 柴 浩

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基 本 规 定	5
4 材 料	7
4.1 混 凝 土	7
4.2 钢筋、钢材	7
4.3 连 接 材 料	7
4.4 保温、填缝材料	9
5 结 构 设 计	9
5.1 一 般 规 定	9
5.2 结 构 分 析	12
5.3 预制构件设计	
5.4 连接设计	
6 混凝土结构的预制装配设计	13
6.1 一 般 规 定	13
6.2 框架结构预制装配设计	13
6.3 剪力墙结构预制装配设计	20
6.4 框架-剪力墙结构预制装配设计	22
6.5 楼盖设计	23
6.6 预制梁单元与支座预埋件的连接设计	
7 构件制作与运输	31
7.1 一 般 规 定	31
7.2 制 作 准 备	31
7.3 构 件 制 作	32
7.4 构 件 检 验	33
7.5 运输与堆放	35
8 结 构 施 工	37
8.1 一 般 规 定	37
8.2 安 装 准 备	38
8.3 安装与连接	38
9 工 程 验 收	40
9.1 一 般 规 定	40
9.2 主 控 项 目	41
9.3 一 般 项 目	41
本标准用词说明	43
引用标准名录	44
附：条文说明	46

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	1
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	2
3 Basic Requirements	4
4 Materials	6
4.1 Concrete	6
4.2 Reinforcement and Steel	6
4.3 Connecting Materials	6
4.4 Insulation and Joint Filling Materials	7
5 Structural Design	9
5.1 General Requirements	9
5.2 Structural Analysis	12
5.3 Prefabricated Component Design	
5.4 Connection Design	
6 Prefabricated Assembly Design of Concrete Structures	13
6.1 General Requirements	13
6.2 Prefabricated Assembly Design of Frame Structure	13
6.3 Prefabricated Assembly Design of Shear Wall Structure	20
6.4 Prefabricated Assembly Design of Frame Shear Wall Structure	22
6.5 Floor Design	23
6.6 Design of Connection between Prefabricated Beam Units and Support Embedded Parts	
7 Fabrication and Transportation of Components	31
7.1 General Requirements	31
7.2 Preparation for Production	31
7.3 Fabrication of Components	32
7.4 Inspection of Components	33
7.5 Transportation and Storage	35
8 Structural Construction	37
8.1 General Requirements	37
8.2 Preparation for Installation	38
8.3 Installation and Connection	38
9 Acceptance	40
9.1 General Requirements	40
9.2 Dominant Items	41
9.3 General Items	41
Explanation of Wording in This Standard	43
List of Quoted Standards	44
Addition: Explanation of Provisions	46

1 总 则

1.0.1 为促进预制装配式产业的发展，在刚节点装配式混凝土结构建筑的建设中贯彻执行国家技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于抗震设防烈度为 8 度及以下地区的多高层刚节点装配式混凝土结构的设计、生产、运输、施工及验收。

1.0.3 刚节点装配式混凝土结构设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.4 工程建设所采用的技术方法和措施是否符合本标准要求，由相关责任主体判定。其中，创新性的技术方法和措施，应进行论证并符合国家现行有关标准及本标准中有关性能的要求。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预制钢筋混凝土构件 precasted reinforced concrete component

在工厂或现场预先制作的钢筋混凝土构件。简称预制混凝土构件。

2.1.2 刚节点装配式混凝土结构 rigid joint prefabricated concrete structure

全部或部分采用预制钢筋混凝土构件（板、梁、墙、柱），剪力墙、柱预制单元在梁与柱（剪力墙）节点处贯通，其拼装节点位于楼层中部应力较小处；梁与柱（剪力墙）通过预埋铁件的连接方式装配而成的混凝土结构。其剪力墙、柱预制单元的拼装节点位于构件应力较小处，即水平拼缝位于楼层中部，剪力墙竖向拼缝位于剪力墙边缘构件以外。包括装配式混凝土框架结构、锯齿形装配式混凝土剪力墙结构和装配式混凝土框架-剪力墙结构等。

2.1.3 刚节点装配式混凝土框架结构 rigid joint prefabricated concrete frame structure

全部或部分框架梁、柱采用预制构件，柱预制单元在梁、柱节点处贯通，其拼装节点位于楼层中部应力较小处，梁与柱通过预埋铁件构建成的装配式混凝土结构。简称刚节点装配式框架结构。

2.1.4 刚节点锯齿形装配式混凝土剪力墙结构 rigid joint serrated prefabricated concrete shear wall structure

承重墙体采用锯齿形混凝土剪力墙的装配式结构，锯齿形混凝土剪力墙墙板的拼装接头位置均在结构构件内力较小处，竖向拼缝位于边缘构件以外；水平拼缝位于楼层半层（底层为 $2/3$ 层高）处；拼装接头均采用锯齿形状，齿内为剪力墙的配筋，拼装后将钢筋连接，并采用现浇微膨胀混凝土将锯齿空腔连接部位全部灌实。简称刚节点锯齿形装配式剪力墙结构。

2.1.5 刚节点装配式混凝土框架-剪力墙结构 rigid joint prefabricated concrete frame - shear wall structure

全部或部分框架-剪力墙采用刚节点装配式混凝土结构的结构。简称刚节点装配式混凝土框-剪结构。

2.1.6 混凝土叠合受弯构件 concrete composite flexural components

预制混凝土梁、板顶部通过后浇混凝土而形成的整体受弯构件。包括叠合板、叠合梁。

2.1.7 预制外挂墙板 prefabricated external wall panels

安装在主体结构上，起围护、装饰作用的非承重预制混凝土外墙板。简称外挂墙板。

2.1.8 预制钢筋混凝土外保温体系 prefabricated reinforced concrete external insulation system

由剪力墙、保温层、保温防护层通过连接结构连成一体，并一体预制的外部保温结构。简称外保温体系。

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_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

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。

2.2.2 作用和作用效应

S_d ——结构或构件的作用效应组合设计值；

N ——轴向力设计值；

V ——剪力设计值；

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} ——水平地震作用效应标准值；

S_{Evk} ——竖向地震作用效应标准值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

V_{jd} ——持久设计状况下柱楼层处、柱接缝处剪力设计值；

V_{jdE} ——地震设计状况下柱楼层处、柱接缝处剪力设计值；

$V_{\text{mu}}a$ ——被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值；

V_u ——持久设计状况下柱楼层处、柱接缝处受剪承载力设计值；

V_{uE} ——地震设计状况下柱楼层处、柱接缝处受剪承载力设计值；

γ_{zh} ——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

α_{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；

Δ_u ——楼层层间最大位移；

η_j ——接缝受剪承载力增大系数；

ψ_w ——风荷载组合系数。

3 基本规定

3.0.1 采用预制装配式施工工艺的刚节点混凝土结构的设计应包括下列内容:

- 1 方案设计,包括结构选型、结构布置、预制拆分方案设计、传力途径及结构构件预制单元的生产和装配;
- 2 作用及作用效应分析;
- 3 结构及构件的构造、连接措施的设计;
- 4 耐久性及施工的要求;
- 5 满足结构特殊要求的性能设计。

3.0.2 刚节点装配式混凝土结构的方案设计应符合下列规定:

- 1 应重视概念设计和预制构件的连接设计;
- 2 应采用合理的结构方案和可靠的连接构造措施,加强结构的整体性和冗余度;
- 3 必要时,应进行防连续倒塌设计。

3.0.3 刚节点装配式混凝土结构的连接节点构造应受力明确、传力可靠、施工方便、质量可控;预制构件的拼接部位宜设置在构件受力较小的部位,且应满足结构的承载力、延性和耐久性要求。

3.0.4 刚节点装配式混凝土结构预制构件的深化设计应符合下列规定:

- 1 预制构件的连接部位宜设置在结构应力较小的部位;
- 2 预制构件宜遵循少规格、多组合且可调的原则;
- 3 应满足建筑使用功能、构件标准化要求;
- 4 应根据预制构件的功能部位,采用适合的材料和加工制作工艺;
- 5 应满足制作、存储、运输、施工吊装等要求,且应便于质量控制。

3.0.5 采用刚节点装配式混凝土结构的建筑,其防水、防火、隔声、保温性能及设备管线设计应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

3.0.6 刚节点装配式混凝土结构的施工图设计应包括结构施工图和预制构件制作详图设计,并应符合下列规定:

- 1 结构施工图设计的内容和深度应符合国家现行有关施工图设计文件编制深度的规定,并应包括下列内容:

- 1) 预制构件制作和安装施工的设计说明;
 - 2) 预制构件模板图和配筋图;
 - 3) 预制构件明细表或索引图;
 - 4) 预制构件连接计算和连接构造大样图;
 - 5) 预制构件安装大样图;
 - 6) 对建筑、机电设备、精装修等专业在预制构件上的预留洞口、预埋管线、预埋件和连接件等进行设计综合;
- 2 预制构件制作详图应根据结构施工图的内容和要求进行设计,设计深度应满足预制构件制作、工程量统计和安装施工的要求,并应包括下列内容:
- 1) 预制构件制作和使用说明,包括对材料、制作工艺、模具、质量检验、运输要求、堆放存储和安装施工的要求;
 - 2) 预制构件的平面和竖向布置图,包括预制构件生产编号、布置位置和数量等内容;
 - 3) 预制构件模板图、配筋图和预埋件布置图的深化及调整;
 - 4) 预制外保温体系中的连接件布置图和计算书、保温板排板图、带饰面砖或饰面板构件的排砖图或排板图;
 - 5) 预制构件材料和配件明细表;
 - 6) 预制构件在制作、运输、存储、吊装和安装定位、连接施工等阶段的复核计算和预设连接件、预埋件、临时固定支撑等的设计。

4 材 料

4.1 混 凝 土

4.1.1 刚节点装配式混凝土结构中,预制构件的混凝土强度等级不应低于C30;后浇部分的混凝土强度等级不应低于预制构件混凝土强度等级。

4.1.2 混凝土材料的力学性能和耐久性应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476 的有关规定。

4.1.3 刚节点装配式混凝土结构中的后浇混凝土,宜采用微膨胀细石混凝土或自密实混凝土;当采取可靠措施保证后浇混凝土的浇筑质量时,可采用普通混凝土,但粗骨料粒径不宜大于20mm。

4.2 钢筋、钢材

4.2.1 刚节点装配式混凝土结构中,普通钢筋的选用及其各项性能指标均应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定;钢材的各项性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

4.2.2 预制墙板和预制楼板中宜采用钢筋焊接网。钢筋焊接网的技术指标应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114的有关规定。

4.2.3 预制构件的吊环应采用未经冷加工的HPB300级钢筋或Q235B级钢材制作。预制构件脱模、翻转、吊装及临时支撑用内埋式螺母吊杆及配套吊具,应根据相应的产品标准选用,并应符合国家现行有关标准的规定。

4.3 连 接 材 料

4.3.1 刚节点装配式混凝土结构预制构件的钢材、螺栓、钢筋以及焊接材料,应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 、《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB50661和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的有关规定。

4.3.2 钢筋焊接接头应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的有关规定;钢筋机械连接接头应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋锥螺纹接头技术规程》JGJ 109的有关规定。

4.3.3 钢筋锚固板的材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。

4.3.4 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关标准的规定。

4.3.5 外墙外保温防护层与主体结构之间的拉结件应符合下列规定:

1 拉结件的性能、承载力计算方法和构造要求应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

2 采用不锈钢金属拉结件时,材料的物理、力学性能指标应符合表 4.3.5-1 的规定,且应有可靠的阻断热桥和防腐措施。不锈钢金属拉结件的承载力计算方法和构造要求尚应符合现行工程建设标准化协会标准《不锈钢结构技术规范》CECS 410 的相关规定。

表 4.3.5-1 不锈钢金属拉结件材料的物理、力学性能指标

项目	指标要求	试验方法
屈服强度	$\geq 205\text{MPa}$	《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1
拉伸强度	$\geq 175\text{MPa}$	《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1
拉伸弹性模量	$\geq 190\text{MPa}$	《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1
剪切强度	$\geq 100\text{MPa}$	《金属材料 线材和铆钉剪切试验方法》GB/T 6400
导热系数(100℃以下)	$\leq 17.5\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	《金属高温导热系数测量方法》GB/T 3651

3 采用纤维增强复合材料(FRP)拉结件时,材料的力学性能指标应符合

表 4.3.5-2 的规定。拉结件的纤维种类与含量、成型工艺、性能、承载力计算方法和构造要求应符合现行国家标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608 的相关规定。

表 4.3.5-2 FRP 拉结件材料的力学性能指标

项目	指标要求	试验方法
拉伸强度	$\geq 700\text{MPa}$	《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447、《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022
拉伸弹性模量	$\geq 40\text{GPa}$	《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447、《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022
剪切强度	$\geq 30\text{MPa}$	《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022

4.4 保 温、填 缝 材 料

4.4.1 外墙外保温材料的导热系数、密度、抗压强度、吸水率、燃烧性能应满足设计要求，并应符合国家现行有关标准的规定。

4.4.2 外保温体系中保护层接缝处的密封材料应符合下列规定：

1 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应符合国家现行标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482、《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458 及《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的有关规定。

2 密封胶应与混凝土、接缝处填充材料具有相容性。

4.4.3 刚节点装配式混凝土结构建筑采用的室内装修材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 和现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的有关规定。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 刚节点装配式混凝土结构的作用及作用分析，应按国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011及《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3的有关要求执行。

5.1.2 刚节点装配式混凝土结构及构件的配筋构造，应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011及《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3的有关规定。

5.1.3 刚节点装配式混凝土结构房屋的最大适用高度应符合表5.1.3 的规定。

表 5.1.3 刚节点装配式混凝土结构房屋的最大适用高度(m)

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度				
		6度	7度	8度		9度
				0.20g	0.30g	
框架	70	60	50	40	30	—
框架-剪力墙	130	120	100	90	70	40
剪力墙	130	120	100	90	70	—

注：1 房屋高度指室外地面到主楼屋面板板顶的高度(不包括局部突出屋顶部分)。

2 部分框支剪力墙结构和不规则结构的最大适用高度宜适当降低。

5.1.4 多高层刚节点装配式混凝土结构的高宽比不宜超过表5.1.4的数值。

表 5.1.4 多高层刚节点装配式混凝土结构适用的最大高宽比

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6度、7度	8度	9度
框架	5	4	3	—
框架-剪力墙	6	6	5	4

剪力墙	6	6	5	4
-----	---	---	---	---

5.1.5 刚节点装配式混凝土结构的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的抗震措施要求。丙类刚节点装配式混凝土结构的抗震等级应按表5.1.5确定。

表 5.1.5 丙类刚节点装配式混凝土结构的抗震等级

结构体系		抗震设防烈度									
		6度		7度			8度			9度	
框架结构	高度(m)	≤24	>24	≤24	>24		≤24	>24		≤24	
	框架	四	三	三	二		二	—		—	
	大跨度框架	三		二			—			—	
框架剪力墙结构	高度(m)	≤60	>60	≤24	>24 且 ≤60	>60	≤24	>24 且 ≤60	>60	≤24	25~50
	框架	四	三	四	三	二	三	二	—	二	—
	剪力墙	三	三	三	二	二	二	—		—	
剪力墙结构	高度(m)	≤70	>70	≤24	>24 且 ≤70	>70	≤24	>24 且 ≤60	>60	≤24	>24
	剪力墙	四	三	四	三	二	三	二	—	二	—

注：大跨度框架指跨度不小于18m 的框架。

5.1.6 当建筑场地为Ⅲ、Ⅳ类时，对设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区，宜分别按抗震设防烈度8度（0.20g）和9度（0.40g）时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

5.1.7 乙类刚节点装配式混凝土结构应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当本地区抗震设防烈度为8度且抗震等级为一级时，应采取比一级更高的抗震措施；当建筑场地为Ⅰ类时，仍可按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

5.1.8 刚节点装配式混凝土结构的平面布置应符合下列规定：

- 1 平面形状宜简单、规则、对称，质量、刚度分布宜均匀；不应采用严重不规则的平面布置(图5.1.8)；
- 2 平面长度 L 不宜过长，长宽比 L/B 宜按表5.1.8采用；

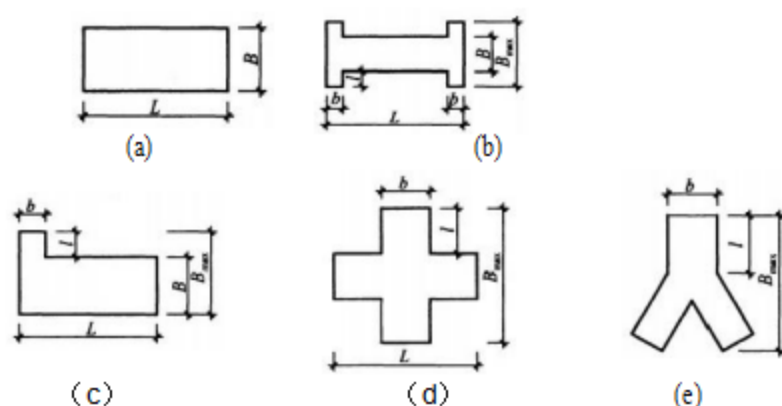


图 5.1.8 建筑平面示意

- 3 平面突出部分的长度 l 不宜过大，宽度 b 不宜过小， $l/B_{\max}$ 、 l/b 宜按表5.1.8采用；
- 4 不宜采用角部重叠或细腰形的平面布置。

表 5.1.8 平面尺寸及突出部位尺寸的比值限值

抗震设防烈度	L/B	$l/B_{\max}$	l/b
6、7度	≤ 6.0	≤ 0.35	≤ 2.0

8度	≤ 5.0	≤ 0.30	≤ 1.5
----	------------	-------------	------------

5.1.9 刚节点装配式混凝土结构竖向布置应连续、均匀，应避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力沿竖向突变，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的有关规定。

5.1.10 多高层刚节点装配式混凝土结构的房屋高度、规则性、结构类型等超过本标准的规定或抗震设防标准有特殊要求时，可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定进行结构抗震性能设计并进行专项论证。

5.1.11 多高层刚节点装配式混凝土结构应符合下列规定：

- 1 高层刚节点装配式混凝土结构宜设置地下室，地下室结构宜采用现浇混凝土；
- 2 高层刚节点装配式混凝土结构的底部加强部位宜采用现浇混凝土；
- 3 多层建筑可自基础采用刚节点装配式混凝土结构。

5.1.12 刚节点装配式混凝土结构构件及节点应进行承载能力极限状态及正常使用极限状态设计，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666等的有关规定。

5.1.13 抗震设计时，构件及节点的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按表5.1.13采用；当仅考虑竖向地震作用组合时，承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取1.0。预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取1.0。

表 5.1.13 构件及节点承载力抗震调整系数 γ_{RE}

结 构 构 件 类 别	正截面承载力计算					斜截面承载力计算	受冲切承载力计 算、接缝受剪承 载力计算
	受 弯 构 件	偏心受压柱		偏心受 拉构件	剪力 墙	各类构件及框架节 点	
		轴压比 小于 0.15	轴压比不 小于0.15				
γ_{RE}	0.75	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85

5.1.14 预制构件节点及接缝处后浇混凝土的强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级。

5.1.15 预埋件和连接件等外露金属件应按不同环境类别进行封闭或防腐、防锈、防火处理，并应满足耐久性要求。

5.1.16 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取1.2。

5.1.17 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后加上脱模吸附力，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

- 1 动力系数不宜小于1.2；
- 2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于1.5 kN/m²。

5.2 结 构 分 析

5.2.1 刚节点装配式混凝土结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构内力分析。当同一层既有预制又有现浇抗侧力构件时，现浇抗侧力构件在地震作用下的内力宜乘以不小于 1.1 的增大系数。

5.2.2 刚节点装配式混凝土结构承载能力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析可采用弹性方法。

5.2.3 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 Δ_u 与层高 h 之比的限值宜按表 5.2.3 采用。

表 5.2.3 楼层层间最大位移与层高之比的限值

结构类型	Δ_u/h 限值
刚节点装配式框架结构	1/550
刚节点装配式框架-剪力墙结构	1/800
刚节点锯齿形剪力墙结构	1/1000

5.2.4 结构内力与位移计算时，对现浇楼盖和叠合楼盖，均可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性；楼面梁的刚度可计入翼缘作用予以增大；梁的刚度增大系数可根据翼缘情况取 1.3~2.0。

5.3 预制构件设计

5.3.1 刚节点装配式混凝土结构预制构件的设计应符合下列规定：

- 1 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- 2 对地震组合设计状况，应对预制构件进行承载力验算；
- 3 对制作、运输、堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

5.3.2 用于固定连接件的预埋件不宜兼作预埋吊件、临时支撑用的预埋件；确需兼用时，应同时满足各种设计工况的要求。预制构件中预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

5.4 连接设计

5.4.1 刚节点装配式混凝土结构中，预制构件之间的接缝正截面承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定。框架柱、剪力墙在楼层处及接缝处的受剪承载力应符合下列规定：

1 持久设计状况：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u \quad (5.4.1-1)$$

2 地震设计状况：

$$V_{jdE} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} \quad (5.4.1-2)$$

3 在梁、柱（剪力墙）端部箍筋加密区及剪力墙底部加强部位，尚应符合下式要求：

$$\eta_j V_{mu\alpha} \leq V_{uE} \quad (5.4.1-3)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，安全等级为一级时不应小于 1.1,安全等级为二级时不应小于1.0；

V_{jd} ——持久设计状况下柱楼层处、柱接缝处内力设计值；

V_{jdE} ——地震工况组合下柱楼层处、柱接缝处内力设计值；

V_u ——持久设计状况下梁端、柱楼层处、柱接缝处承载力设计值；

V_{uE} ——地震工况组合下梁端、柱楼层处、柱接缝处承载力设计值；

$V_{mu\alpha}$ ——被连接构件端部按实配钢筋面积计算的截面承载力设计值；

η_j ——接缝处承载力增大系数，抗震等级为一、二级取1.2，抗震等级为三、四级取1.1。

5.4.2 刚节点装配式混凝土结构中，节点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺要求选用机械连接或焊接的连接方式，并应符合国家现行有关标准的规定。

5.5.3 纵向受拉钢筋采用机械连接时，应符合下列规定：

1 接头应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107中Ⅰ级接头的性能要求；

2 预制剪力墙中钢筋接头处套筒外侧箍筋的混凝土保护层厚度不应小于10mm，预制柱中钢筋接头处套筒外侧箍筋的混凝土保护层厚度不应小于20mm；

5.5.4 纵向受拉钢筋采用焊接连接时，应符合下列规定：

1 接头应满足现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18中焊接接头的性能要求；

2 连接钢板的刚度和强度应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017及《钢结构焊接规范》GB 50661的有关要求。

5.4.5 预制构件与后浇混凝土的结合面应设置键槽、粗糙面，并应符合下列规定：

1 预制板的粗糙面凹凸深度不应小于5mm，粗糙面的面积不宜小于结合面面积的 80%；

2 预制板、梁、剪力墙的设计应综合考虑其各自配筋的相互碰撞，根据具体情况微调钢筋位置；

3 预制剪力墙的顶部和底部与后浇混凝土的结合面应设置锯齿状键槽，并应符合现行团体标准《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011-2024的有关规定。

5.4.6 预制构件纵向钢筋宜在后浇混凝土内采用弯折方式锚固；也可采用直线锚固，但应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010和《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。

5.4.7 应对不同设计工况下的连接件、焊缝、螺栓进行承载力验算，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

6 混凝土结构的预制装配设计

6.1 一般规定

6.1.1 刚节点装配式混凝土结构设计时，应根据结构构件的重要性及作用的不同，合理地进行预制单元和连接节点的设计。

6.1.2 刚节点装配式混凝土结构中，竖向结构构件（剪力墙、框架柱）的设计，其竖向拼装接头应设置于楼层中间部位；水平拼装接头应设置于柱（边缘构件）以外部位。

6.1.3 刚节点装配式混凝土结构中，预制构件之间的连接设计应满足本标准第 5.5 节的要求。

6.2 框架结构预制装配设计

6.2.1 刚节点装配式混凝土框架应包括框架柱预制单元和框架梁预制单元。

6.2.2 刚节点装配式混凝土框架柱截面设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.2.3 刚节点装配式混凝土框架柱的设计应符合下列规定：

- 1 框架梁与柱的连接接头位置应置于框架柱以外（图 6.2.3-1）；

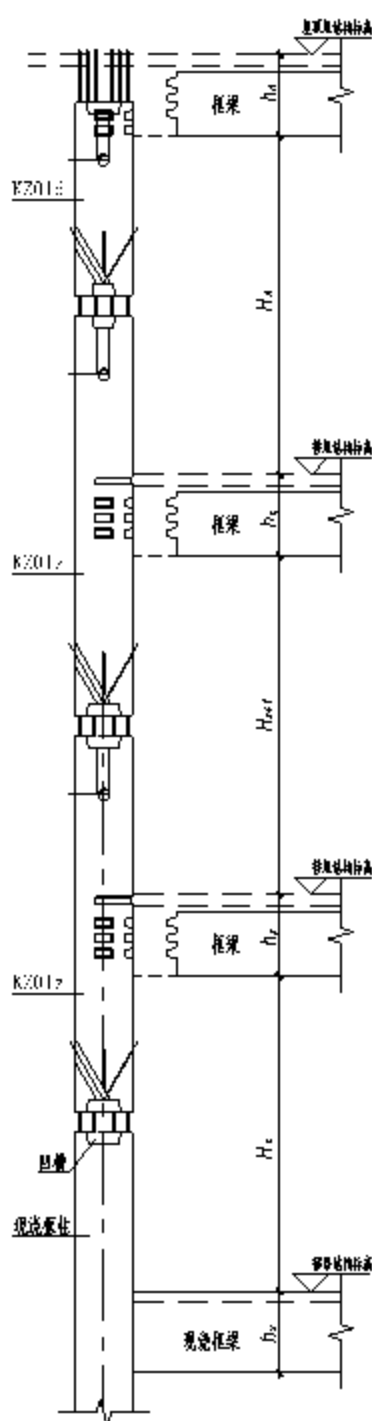


图 6.2.3-1 柱模板图

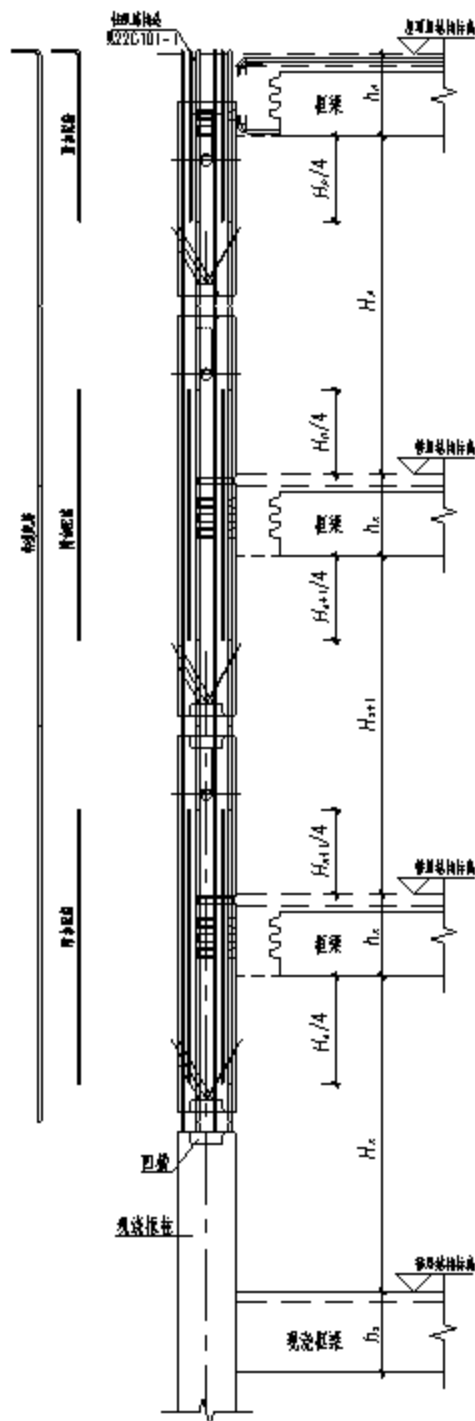


图 6.2.3-2 柱配筋图

2 框架柱纵筋可采用构造配筋加附加配筋的模式;

3 框架柱的接头位置应置于应力较小处, 接头应设置键槽。键槽边到柱边的距离不宜小于 60mm, 键槽深度不宜小于 100mm; 上下柱接头间距应满足钢筋接头所需空间, 宜大于 150mm;

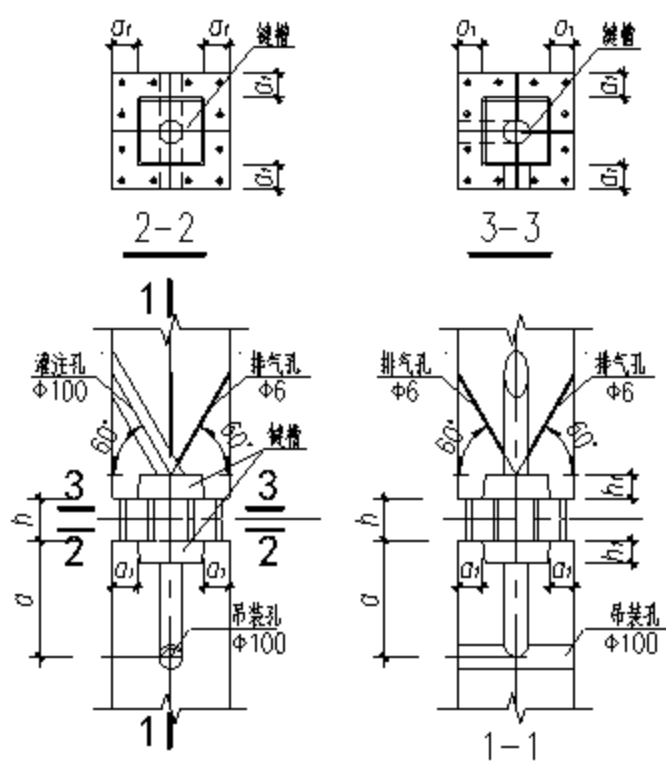


图6.2.3-3 柱连接节点

a --吊装孔距柱顶距离； h --上下柱接头间距； a_1 --柱头预留凹槽到柱边距离； h_1 --键槽深度

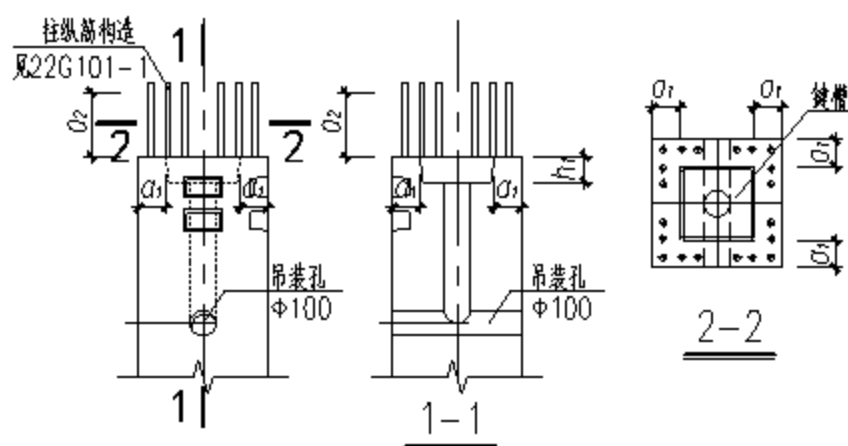


图6.2.3-4 柱顶构造

a --吊装孔距柱顶距离； a_1 --柱头预留凹槽到柱边距离； h_1 --键槽深度

4 框架柱的接头应设置吊装孔、灌注孔、排气孔（图6.2.3-3）；吊装孔宜采用直径大于100mm的圆孔，距离柱顶距离应满足吊装承载力要求，且不宜小于200mm；灌注孔直径宜大于100mm，倾斜角度宜大于60°；排气孔的数量不宜少于2个，且直径不宜小于5mm；

5 框架柱顶层柱顶应预留键槽，柱顶纵向钢筋构造应满足国家现行有关标准的相关要求（图6.2.3-4）；

6 框架柱在与楼板交接处应预留水平键槽或牛腿，当楼板与柱交接尺寸较大时，宜预埋铁件，并与楼板钢筋焊接（图6.2.3-5、图6.2.3-6）；

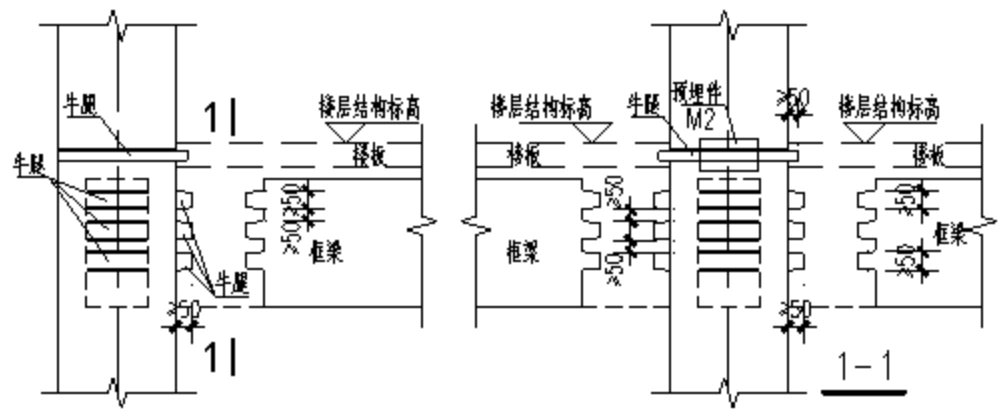


图6.2.3-5 梁、柱连接节点（1）

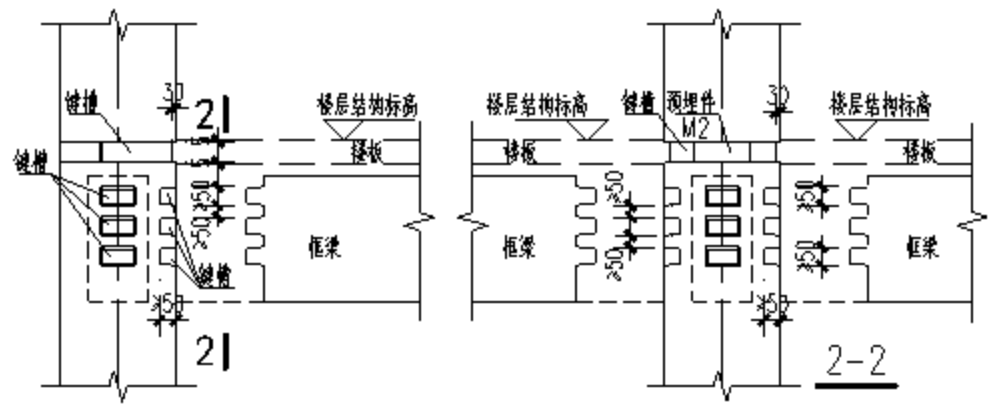


图6.2.3-6 梁、柱连接节点（2）

7 框架柱中应预埋与框架梁纵筋连接的连接件（图6.2.3-7）；

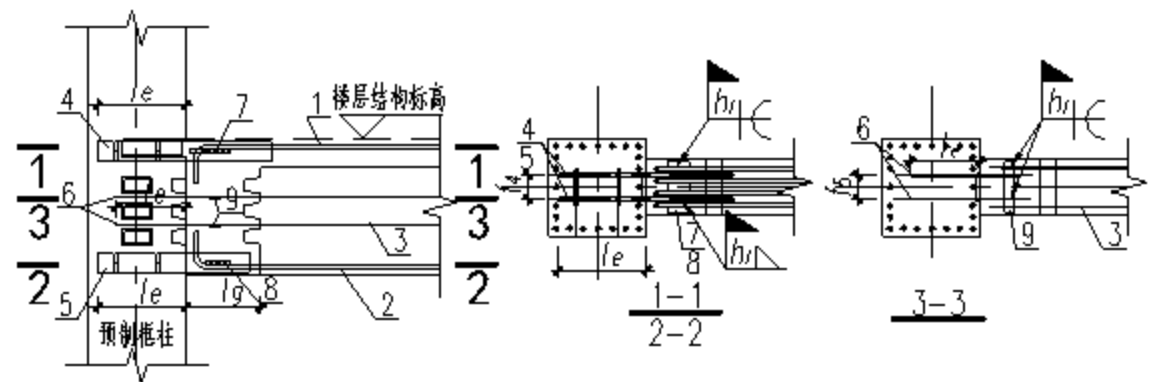


图6.2.3-7 框架柱与框架梁连接示意

1—框架梁负筋；2—框架梁底筋；3—框架梁腰筋；4—负筋锚固连接件；5—底筋锚固连接件；6—腰筋锚固连接件；7—负筋转换钢板；8—底筋转换钢板；9—腰筋转换钢板

8 框架柱预埋连接件可采用钢筋，也可采用钢板组连接件（图6.2.3-8），但应至少采用两根钢筋或两组钢板组连接件的组合；当采用钢板组连接件时，其锚固长度应符合国家现行标准有关机械锚固的规定，可采用等效钢筋直径 d_e 计算锚固长度。

9 等效钢筋直径 d_e 应按下列公式计算：

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{A_j f}{\pi f_y}} \quad (6.2.3)$$

式中： A_j —— 钢板组净截面面积（ mm^2 ）；

f_y —— 代换钢筋的抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）。

10 钢板锚固连接件应符合下列规定：

- 1) 同向锚固连接件应由至少两组钢板和两个横隔板组成，且钢板组应与横隔板采用互咬式插接并焊接；
- 2) 当不同方向钢板组标高相同或相近时，横隔板应由另一方向钢板组代替；
- 3) 钢板锚固连接件的两侧应贴焊短钢筋或钢板（图6.2.3-7），以增强锚固效果；
- 4) 钢板连接件和横隔板的厚度不宜小于10mm，不宜大于60mm；
- 5) 第一道横隔板距支座边的距离不宜小于60mm，且不应大于150mm；最后一道横隔板距连接件端头的距离不宜小于50mm；两道横隔板间距不宜小于50mm；

6) 钢板连接件的钢板组间距不宜小于50mm，并应根据框架柱纵筋的分布情况合理设计，使各钢板组受力均匀；

7) 钢板连接件应预留用于钢筋连接钢板的穿孔，穿孔宜位于连接件中部，穿孔到连接件端部的距离应满足承载力要求。

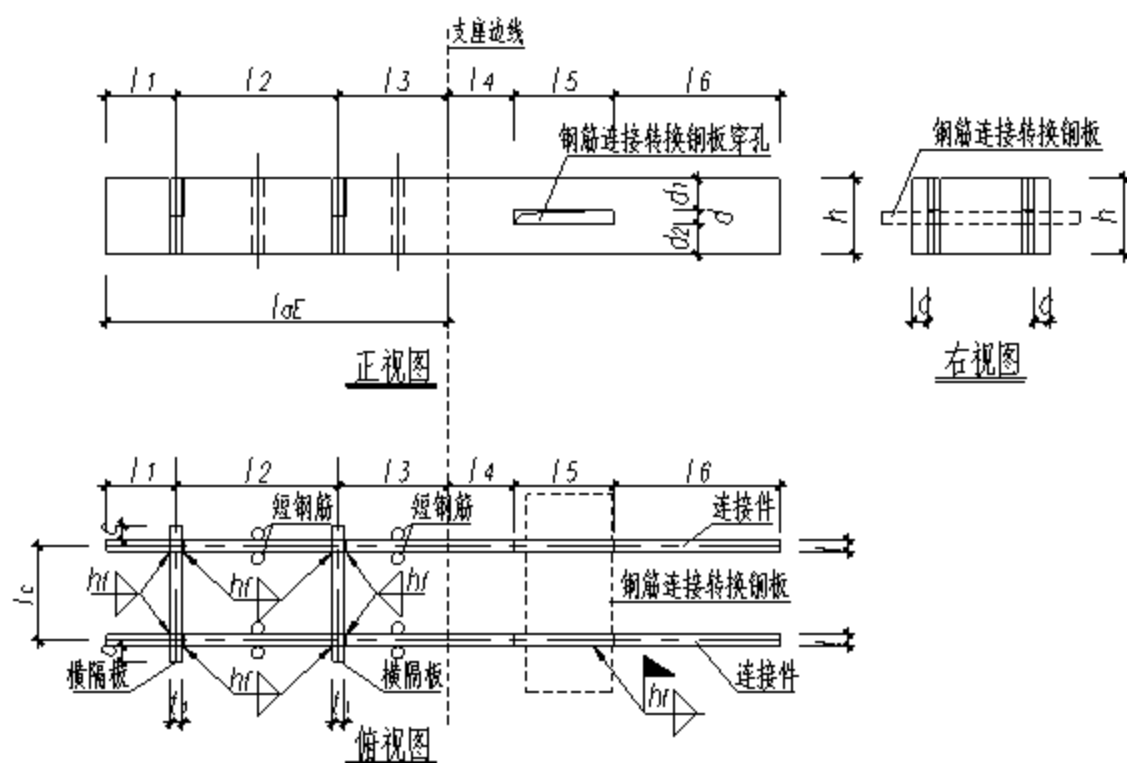


图6.2.3-8 柱预埋钢板锚固连接件

l_1 --横隔板到连接件端头的距离； l_2 --两道横隔板间距； l_3 --第一道横隔板到支座的距离； l_4 --钢板穿孔到支座的距离； l_5 --钢板穿孔的尺寸； l_6 --钢板穿孔到连接件端头的距离； l_c --连接件之间的距离； l_{aE} --连接件在支座内的锚固长度； c --横隔板伸出连接件的尺寸； d --连接件穿孔尺寸； d_1 、 d_2 --连接件穿孔到连接件的距离； h --连接件与横隔板的高度尺寸

11 预制框架柱与下部现浇框架柱连接时，下部框架柱应施工至半层标高处，头部应预留键槽，纵筋接头可采用焊接或机械连接（图6.2.3-9）：

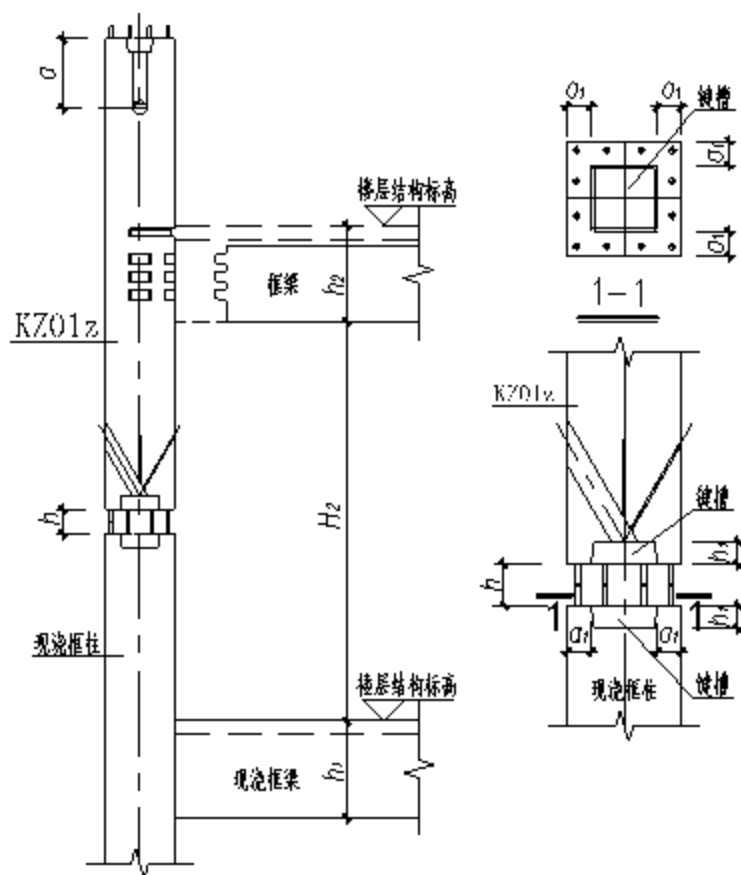


图6.2.3-9 预制框架柱与下部现浇框架柱连接节点

- 12 框架柱可两层或多层合并预制；顶层柱可与下层柱合并预制；
- 13 预制叠合梁中心线与柱中心线宜重合或尽量靠近；

14 框架柱纵筋配筋构造可采用通长筋+附加筋（图6.2.3-2）；箍筋构造应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定，箍筋肢数宜采用偶数。

6.2.4 刚节点装配式混凝土叠合梁的设计应符合下列规定：

- 1 叠合梁与楼板的叠合面应为粗糙面，且应预留键槽（图6.2.4-1）；

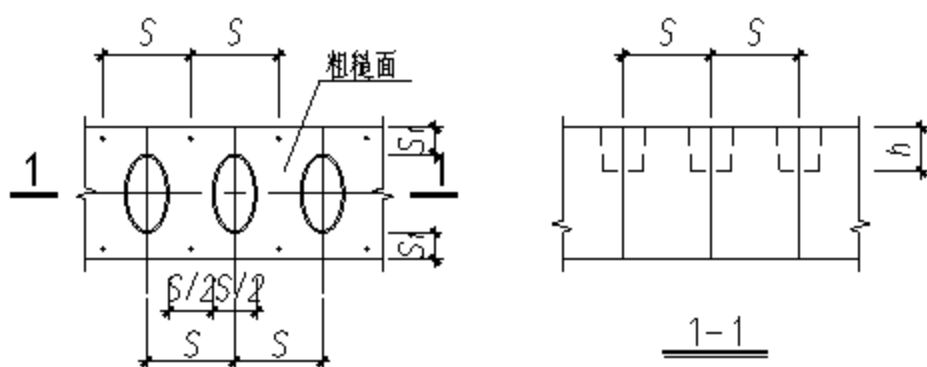


图 6.2.4-1 预制叠合梁叠合面构造

S —梁顶凹槽间距； S_1 —键槽边距梁边距离； h —键槽深度，不小于50mm

2 叠合梁端部应预留水平沟槽（图6.2.4-2），沟槽深度宜不小于50mm，宽度宜大于沟槽深度且小于两倍沟槽深度；

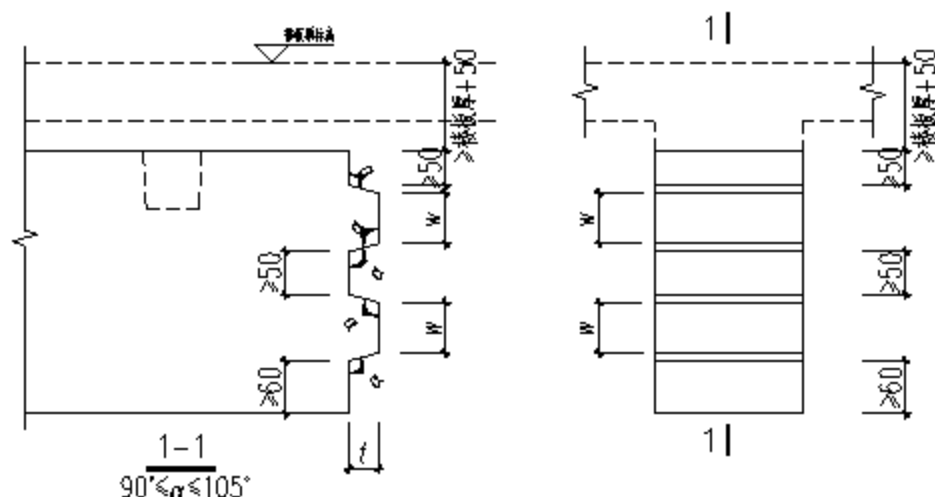


图 6.2.4-2 预制叠合梁梁端构造

t —梁端沟槽深度； w —梁端沟槽宽度； α —沟槽边倾斜角度

3 叠合梁端部到支座边的距离应有利于钢筋的绑扎和焊接工作空间，且不宜小于200mm；梁端部钢筋宜采用弯钩、端头加焊短钢筋等有利于锚固的措施（图6.2.4-3）。

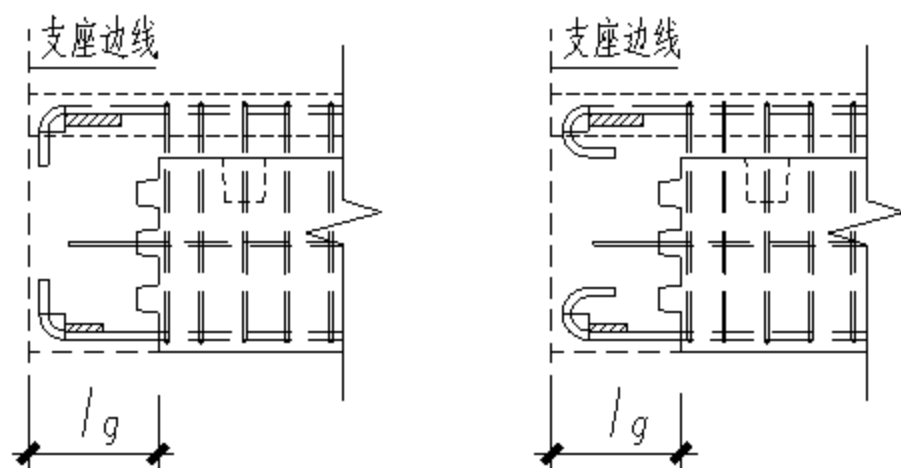


图 6.2.4-3 叠合框梁端部配筋构造

l_g --叠合梁端到支座的距离

6.2.5 叠合梁纵筋与转换钢板的连接应符合下列规定：

1 叠合梁纵筋与转换钢板采用现场焊接时，焊缝的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定（图6.2.5-1）；

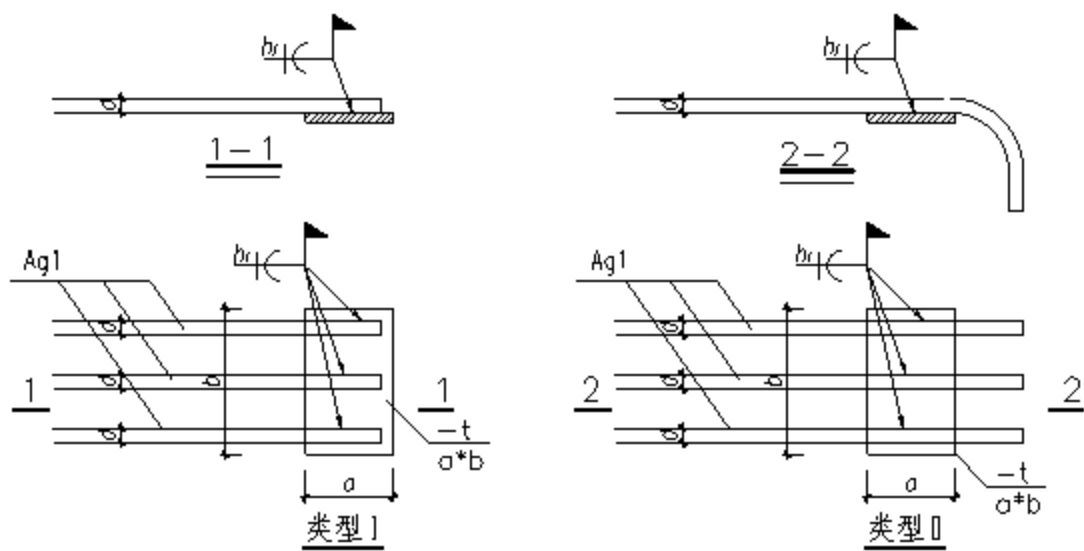


图 6.2.5-1 叠合梁纵筋与转换钢板的焊接构造

a --转换钢板的宽度； b --转换钢板的长度； t --转换钢板的厚度

2 转换钢板的厚度不宜小于10mm；宽度应满足焊缝长度要求，且应大于60mm；保护层厚度应大于10mm；

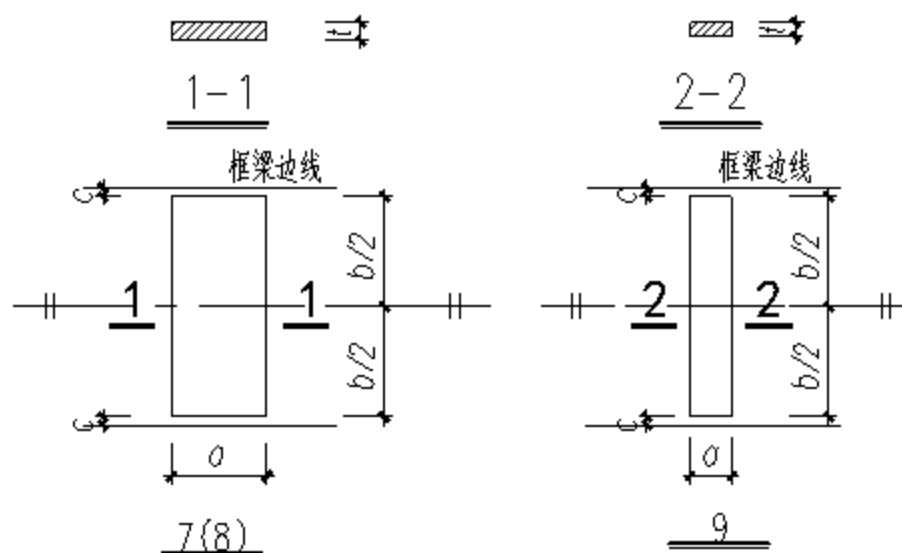


图 6.2.5-2 转换钢板尺寸示意

a --转换钢板的宽度； b --转换钢板的长度； t --转换钢板的厚度； c --转换钢板的保护层厚度

3 当需连接钢筋为多向，或不同方向钢筋在相同标高处交叉时，锚固连接件应在连接钢板交叉点相对开槽，开槽的深度应为交叉尺寸的一半，不同方向连接钢板应槽口互咬并焊接（图6.2.5-3）：

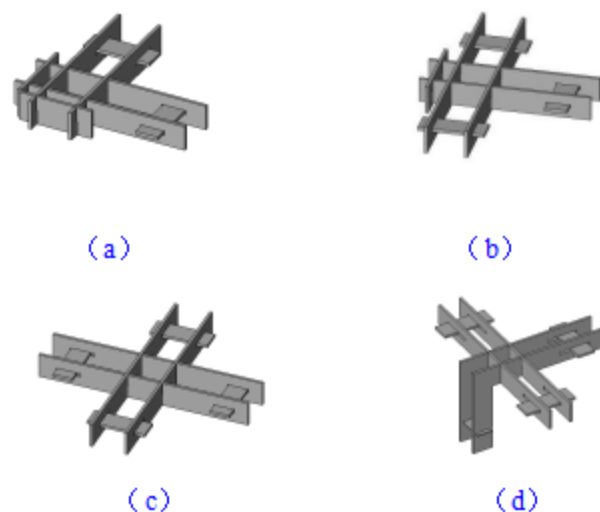


图 6.2.5-3 钢板锚固连接件示意图

6.2.6 框架柱与叠合梁的拼缝宽度应满足锚固连接件的长度要求；拼缝内应至少放置两道梁箍筋；钢筋连接验收合格后，应同楼板一起浇筑混凝土，封闭梁柱拼缝。

6.3 剪力墙结构预制装配设计

6.3.1 刚节点锯齿形预制装配式剪力墙截面设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.3.2 刚节点锯齿形预制剪力墙的设计应符合下列规定：

- 1 预制墙板的水平及竖向拼缝应置于剪力墙应力较小处；竖向拼缝置于边缘构件以外，水平拼缝置于楼层中间部位；
- 2 预制墙板的拼缝接头应为锯齿形，钢筋应位于齿间连接，再后浇混凝土成为整体；
- 3 预制墙板边缘构件的配筋及墙身分布钢筋应根据计算确定，且应满足构造、墙板自身抗裂及耐久性要求；
- 4 预制墙板钢筋的保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定；
- 5 预制墙板的厚度应满足稳定性要求，且不应小于 140mm。

6.3.3 刚节点锯齿形装配式混凝土剪力墙结构的设计应符合现行团体标准《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011的规定。

6.4 框架-剪力墙结构预制装配设计

6.4.1 刚节点装配式框架-剪力墙结构设计应包括框架柱、剪力墙预制单元和框架梁预制单元的设计。

6.4.2 刚节点装配式框架柱、剪力墙截面设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.4.3 刚节点装配式混凝土框架-剪力墙结构中框架柱的设计应符合本标准第 6.2 节的规定。

6.4.4 刚节点装配式混凝土框架-剪力墙结构中剪力墙的设计应符合现行团体标准《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011的有关规定。

6.4.5 带端柱的剪力墙预制单元设计应符合下列规定：

- 1 预制单元的水平拼缝应位于钢筋应力较小处；
- 2 预制单元的竖向拼缝应位于边缘构件以外应力较小处；
- 3 端柱应与边缘构件合并为同一预制单元（图6.4.5）；

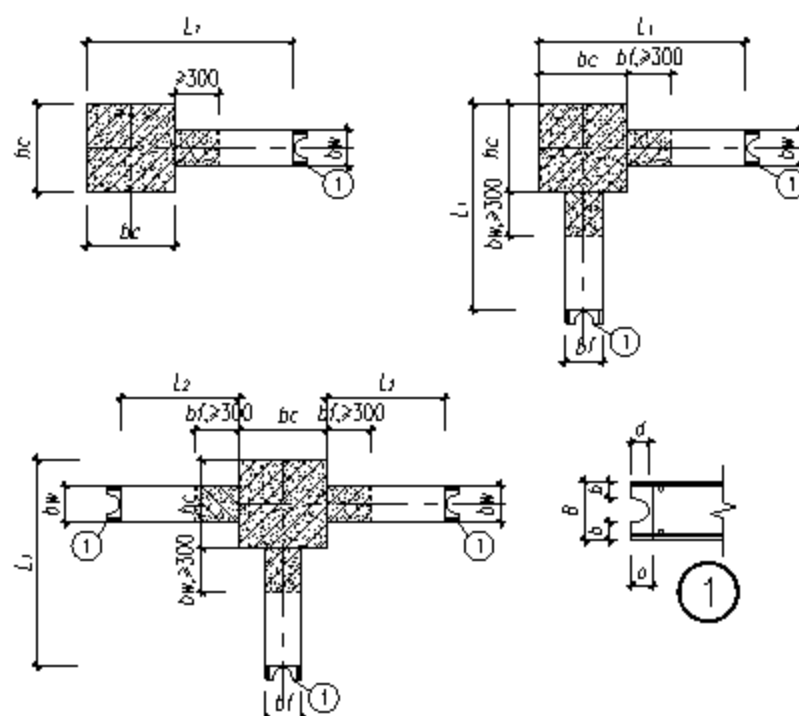


图 6.4.5 边缘构件预制单元平面图

B --剪力墙厚度(b_w 或 b_f)； b_c 、 h_c --端柱边长； L_1 、 L_2 --预制单元长度； l_c --约束边缘构件沿墙肢的长度

4 端柱预制单元的长度 L_1 不应小于约束边缘构件沿墙肢的长度； L_2 不应小于剪力墙厚度 b_f ，且不应小于 300；

5 剪力墙拼缝接头构造应符合现行团体标准《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011 的有关规定。

6.4.5 刚节点装配式混凝土框架-剪力墙结构中预制单元的拼装接头构造应符合下列规定：

- 1 端柱预制单元的的拼装接头构造同框架柱拼装接头构造；框架梁与端柱的拼装接头的构造同框架梁与框架柱的拼装接头构造。其构造设计均应符合本标准第6.2.3条的规定；
- 2 剪力墙各预制单元的拼装接头构造应符合现行团体标准《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011的有关规定。

6.5 楼盖设计

6.5.1 刚节点预制装配式混凝土结构的结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层以及作为上部结构嵌固部位的地下室楼层，宜采用现浇工艺施工；当屋面层采用叠合楼盖时，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。其他楼层的结构楼板可采用预制叠合板或现浇板。

6.5.2 刚节点预制装配式混凝土结构的楼板与梁、楼板与墙体之间接缝的混凝土应采取保证结构整体性的措施。楼板与墙之间的连接，应能起到传递水平力的作用，并应保证楼板平面内的整体刚度。

6.5.3 叠合楼板应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010进行设计，并应符合下列规定：

- 1 非预应力叠合楼板厚度不宜小于50mm，预应力叠合楼板厚度不宜小于60mm；
- 2 当楼板厚度大于或等于180mm时，可采用预制叠合空心楼板。

6.5.4 刚节点装配式混凝土结构的楼层梁可采用叠合梁。根据梁与楼板的高差关系，可设计为上部叠合梁和中部叠合梁，梁与楼板底的结合面应设凹槽，凹槽深度不应小于50mm，形状可为圆形、椭圆形、矩形，箍筋的平面位置应与叠合板钢筋位置错开。

6.5.5 预制叠合板与支座的连接应符合下列规定：

- 1 预制叠合板下部纵筋应伸入支座不小于 $5d$ (d 为受力钢筋直径)，且不应小于 100mm；
- 2 预制叠合板上部纵筋在边支座内的锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定；
- 3 当楼板支座为预制构件时，楼板现浇部分的支座表面应为粗糙面且应预留水平键槽。

6.6 预制梁单元与支座预埋件的连接设计

6.6.1 预制梁构件与支座拼缝处的钢筋应通过连接件进行连接。钢筋可分别按受力钢筋和构造钢筋进行连接设计。

6.6.2 钢筋连接可采用焊接或机械连接，机械连接及焊接应符合国家现行有关标准的规定。

6.6.3 受力钢筋应通过连接件连接至预埋钢筋或钢板，可采用机械锚固的构造措施在支座内锚固。连接件及预埋钢筋或钢板的承载力应大于所连接钢筋的承载力。

6.6.4 预制梁单元支座上部受拉钢筋与连接钢筋或钢板应按等强度代换原则进行验算。

- 1 转换钢板在纵筋和纵筋连接件的共同作用下，应按简支水平梁或多跨连续梁进行承载力验算：

$$\eta_j Q \leq A_c f_v \quad (6.6.4-1)$$

式中： Q -----转换钢板所承受最大剪力设计值（N）；

A_c -----转换钢板截面面积（mm²）；

f_v -----转换钢板的抗剪强度设计值（N）；

η_j ——接缝处承载力增大系数，按本标准表5.5.1取值。

2 锚固连接埋件应进行截面受剪和受拉承载力验算：

$$\eta_j N \leq A_l f \quad (6.6.4-2)$$

$$\eta_j N \leq A_0 f_v \quad (6.6.4-3)$$

式中： N ——连接埋件所受轴向力；

A_l ——连接埋件截面面积（mm²）；

A_0 ——连接埋件抗剪截面面积（mm²）；

f ——连接埋件的抗拉、抗压和抗弯强度设计值（N/mm²）；

f_v ——连接埋件的抗剪强度设计值（N/mm²）。

3 转换钢板的厚度应满足承载力要求，且不应小于钢筋直径的60%。

7 构件制作与运输

7.1 一般规定

7.1.1 预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

7.1.2 预制构件制作前，应对其技术要求和质量标准进行交底，并应制定生产方案；生产方案应包括生产工艺、模具方案、生产计划、质量控制措施、成品保护、堆放及运输方案等内容。

7.1.3 预制构件用混凝土的工作性能应根据产品类别和生产工艺要求确定，构件用混凝土原材料及配合比设计应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281 的规定。

7.1.4 预制构件用钢筋的加工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

7.2 制作准备

7.2.1 预制构件制作前，带饰面砖或饰面板的构件应绘制排板图。

7.2.2 预制构件模具除应满足承载力、刚度和整体稳定性要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应满足预制构件质量、生产工艺、模具组装与拆卸、周转次数等要求；
- 2 应满足预制构件预留孔洞、插筋、预埋件的安装定位要求；
- 3 预应力构件的模具应根据设计要求预设反拱。

7.2.3 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 7.2.3 的规定。当设计有特殊要求时，模具尺寸的允许偏差应按设计要求确定。

表 7.2.3 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法

项次	检验项目及内容		允许偏差(mm)	检验方法
1	长度	$\leq 6m$	1, -2	用钢尺量平行构件高度方向, 取其中偏差绝对值较大处
		$> 6m$ 且 $\leq 12m$	2, -4	
		$> 12m$	3, -5	
2	截面尺寸	墙板	1, -2	用钢尺测量两端或中部, 取其中偏差绝对值较大处
3		其他构件	2, -4	
4	对角线差		3	用钢尺量纵、横两个方向对角线
5	侧向弯曲		$l/1500$ 且 ≤ 5	拉线, 用钢尺测量侧向弯曲最大处
6	翘曲		$l/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
7	底模表面平整度		2	用2m靠尺和塞尺量
8	组装缝隙		1	用塞片或塞尺量
9	端模与侧模高低差		1	用钢尺量

注: l 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

7.2.4 预埋件加工的允许偏差和检验方法应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 预埋件加工的允许偏差和检验方法

项次	检验项目及内容		允许偏差(mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和塞尺量
3	锚筋	长度	10, -5	用钢尺量
		间距偏差	± 10	用钢尺量

7.2.5 固定在模具上的预埋件、预留孔洞中心位置的允许偏差和检验方法应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 模具预埋件、预留孔洞中心位置的允许偏差和检验方法

项次	检验项目及内容	允许偏差(mm)	检验方法
1	预埋件、插筋、吊环、预留孔洞中心线位置	3	用钢尺量
2	预埋螺栓、螺母中心线位置	2	用钢尺量

注: 检查中心线位置时, 应沿纵、横两个方向量测, 并取其较大值。

7.2.6 应选用不影响构件性能和装饰装修施工的隔离剂。

7.3 构件制作

7.3.1 混凝土浇筑前应进行预制构件的隐蔽工程检查，检查项目应包括下列内容：

- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距等；
- 2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头质量等；
- 3 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 4 预埋件、吊环、插筋的规格、数量、位置等；
- 5 钢筋的混凝土保护层厚度；
- 6 外保温体系的保温层位置、厚度，拉结件的规格、数量、位置等；
- 7 预埋管线、线盒的规格、数量、位置及固定措施；
- 8 水平构件的预拱度。

7.3.2 应根据混凝土的品种、工作性能、预制构件的规格、形状等因素，制定合理的振捣成型操作规程。混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，并宜采用机械振捣。

7.3.3 预制构件采用洒水、覆盖等方式进行常温养护时，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。预制构件采用加热养护时，应制定养护制度，对静停、升温、恒温和降温时间进行控制，宜在常温下静停 2h~6h，升温、降温速度不应超过 20°C/h，最高养护温度不宜超过 70°C，预制构件出池的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25°C。

7.3.4 脱模起吊时，预制构件的混凝土立方体抗压强度应满足设计要求，且不应小于 15N/mm²。

7.3.5 预应力混凝土构件生产前应制定预应力施工方案和质量控制措施，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7.4 构件检验

7.4.1 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检验。

7.4.2 预制构件的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 7.4.2 的规定。预制构件有粗糙面时，与粗糙面相关的尺寸允许偏差可适当放松。

表 7.4.2 预制构件的尺寸允许偏差和检验方法

项 目			允许偏差(mm)	检验方法
长度	板、梁、柱	<12m	±5	尺量检查
		≥12m且<18m	±8	
		≥18m	±10	
	墙板		±4	
宽度、高(厚)度	板、梁、柱截面尺寸		±5	钢尺量一端及中部，取其中偏差绝对值较大处
	墙板的高度、厚度		±3	
表面平整度	板、梁、柱、墙板内表面		5	2m靠尺和塞尺检查
	墙板外表面		3	
侧向弯曲	板、梁、柱		$l/750$ 且≤20	拉线、钢尺量最大侧向弯曲处
	墙板		$l/1000$ 且≤20	
翘曲	板		$l/750$	调平尺在两端量测
	墙板		$l/1000$	
对角线差	板		10	钢尺量两个对角线
	墙板、门窗口		5	
挠度变形	梁、板设计起拱		±10	拉线、钢尺量最大弯曲处
	梁、板下垂		0	
预留孔	中心线位置		5	尺量检查
	孔尺寸		±5	
预留洞	中心线位置		10	尺量检查
	洞口尺寸、深度		±10	
门窗口	中心线位置		5	尺量检查
	宽度、高度		±3	
预埋件	预埋件锚板中心线位置		5	尺量检查
	预埋件锚板与混凝土面平面高差		0, -5	
	预埋螺栓中心线位置		2	

	预埋螺栓外露长度	+5, -5	
	预埋套筒、螺母中心线位置	2	
	预埋螺母与混凝土面平面高差	0, -5	
	线管、电盒、木砖、吊环在构件平面的中心线位置偏差	20	
	线管、电盒、木砖、吊环与构件表面混凝土高差	0, -10	
预留插筋	中心线位置	3	尺量检查
	外露长度	±5	
键槽	中心线位置	5	尺量检查
	长度、宽度、深度	±5	

注：1 l 为构件最长边的长度 (mm)；

2 检查中心线、螺栓和孔道位置偏差时，应沿纵横两个方向测量，并取其偏差较大值。

7.4.3 预制构件应按设计要求和国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行结构性能检验。

7.4.4 陶瓷类饰面砖与构件表面的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ 110 和《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126 的规定。

7.4.5 外保温体系的内外叶墙板之间的拉结件类别、数量及使用位置应满足设计要求。

7.4.6 预制构件检查合格后，应在构件上设置表面标识，标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

7.5 运输与堆放

7.5.1 应制定预制构件的运输与堆放方案，方案内容应包括运输时间、运输顺序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高超宽、形状特殊的大型构件的运输与堆放，应有专门的质量安全保证措施。

7.5.2 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形的固定措施；

3 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

7.5.3 预制构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 3 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；
- 4 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、垫块的承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施；

5 堆放预应力构件时，应根据构件起拱值的大小和堆放时间采取相应措施。

7.5.4 预制墙板的堆放与运输应符合下列规定：

- 1 采用靠放架堆放或运输构件时，靠放架应具有足够的承载力和刚度，与地面倾斜角度宜大于 80° ；墙板宜对称靠放且外饰面朝外，构件上部宜采用木垫块隔离；运输时构件应采取固定措施；
- 2 采用插放架堆放或运输构件时，宜采取直立运输方式；插放架应有足够的承载力和刚度，并应支垫稳固；
- 3 采用叠层平放的方式堆放或运输构件时，应采取防止构件产生裂缝的措施。

8 结 构 施 工

8.1 一 般 规 定

8.1.1 刚节点装配式结构施工前应制定施工组织设计、施工方案；施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定；施工方案的内容应包括构件安装及节点施工方案、构件安装的质量管理及安全措施等。

8.1.2 刚节点装配式结构的后浇混凝土部位浇筑前应进行隐蔽工程验收。验收项目应包括下列内容：

- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距等；
- 2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头数量；
- 3 纵向受力钢筋的锚固方式及长度；
- 4 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 5 预埋件的规格、数量、位置；
- 6 混凝土粗糙面的质量，键槽的规格、数量、位置；
- 7 预留管线、线盒等的规格、数量、位置及固定措施。

8.1.3 预制构件、安装用材料及配件等应满足设计要求，并应符合国家现行有关标准的规定。

8.1.4 吊装用吊具应按国家现行有关标准的规定进行设计、验算或试验检验。吊具应根据预制构件形状、尺寸及重量等参数进行配置，吊索水平夹角不应小于 60° ；对尺寸较大或形状复杂的预制构件，宜采用有分配梁或分配桁架的吊具。

8.1.5 刚节点装配式结构施工过程中，应采取防止预制构件及预制构件上的建筑附件、预埋件、预埋吊件等损伤或污染的保护措施。

8.1.6 未经设计允许不得对预制构件进行切割、开洞。

8.1.7 刚节点装配式结构施工过程中应采取安全措施，并应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定。

8.2 安 装 准 备

- 8.2.1** 应合理规划构件运输通道和临时堆放场地，并应采取成品堆放保护措施。
- 8.2.2** 已施工完成结构的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差等应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 和本标准的有关规定，预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等应满足设计要求。
- 8.2.3** 安装施工前，应进行测量放线，设置构件安装定位标识。
- 8.2.4** 安装施工前，应复核构件装配位置、节点连接构造及临时支撑方案等。
- 8.2.5** 安装施工前，应检查复核吊装设备及吊具状态。
- 8.2.6** 安装施工前，应核实现场环境、天气、道路状况。
- 8.2.7** 安装施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装，并应根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺。

8.3 安装与连接

- 8.3.1** 预制构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。
- 8.3.2** 墙、柱构件的安装应符合下列规定：
- 1** 构件安装前，应清洁结合面；
 - 2** 构件底部应设置可调整接缝厚度和底部标高的垫块；
 - 3** 应对接缝周围进行封堵，封堵措施应满足结合面承载力设计要求。
- 8.3.3** 焊接或螺栓连接的施工应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《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 及《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。采用焊接连接时，应采取防止连接部位混凝土开裂的措施。
- 8.3.4** 钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。
- 8.3.5** 后浇混凝土施工应符合下列规定：
- 1** 预制构件结合面疏松部分的混凝土应剔除并清理干净；
 - 2** 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确，并应防止漏浆；
 - 3** 浇筑混凝土前应洒水润湿结合面，混凝土应振捣密实；

4 同一配合比的混凝土，标准养护试件的制作应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工验收规范》GB 50204 的规定。同一楼层应制作不少于 3 组标准养护试件。

8.3.6 构件连接部位应在后浇混凝土及灌浆料的强度达到设计要求后，方可拆除临时固定措施。

8.3.7 受弯叠合构件的装配施工应符合下列规定：

- 1 应根据设计要求或施工方案设置临时支撑；
- 2 施工荷载宜均匀布置，且不应超过设计规定；
- 3 混凝土浇筑前，应按设计要求检查结合面的粗糙度及预制构件的外露钢筋；
- 4 叠合构件应在后浇混凝土强度达到设计要求后，方可拆除临时支撑。

8.3.8 外挂墙板的连接节点及接缝构造应满足设计要求；墙板安装完成后，应及时移除临时支承支座、墙板接缝内的传力垫块。

8.3.9 外墙板接缝防水施工应符合下列规定：

- 1 防水施工前，应将板缝空腔清理干净；
- 2 应按设计要求填塞背衬材料；
- 3 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应满足设计要求。

9 工程验收

9.1 一般规定

9.1.1 刚节点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，刚节点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。刚节点装配式结构验收除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

9.1.2 预制构件的进场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的有关规定。

9.1.3 刚节点装配式结构焊接、螺栓连接用材料的进场验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

9.1.4 刚节点装配式结构的外观质量应满足设计要求，并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中关于现浇混凝土结构的有关规定。

9.1.5 刚节点装配式建筑的饰面质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定。

9.1.6 刚节点装配式混凝土结构验收时，除应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求提供文件和记录外，尚应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、预制构件制作和安装的深化设计图；
- 2 预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
- 3 预制构件安装施工记录；
- 4 后浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 5 后浇混凝土、灌浆料强度检测报告；
- 6 外墙防水施工质量检验记录；
- 7 装配式结构分项工程质量验收文件；
- 8 装配式结构的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 9 装配式结构的其他文件和记录。

9.2 主控项目

9.2.1 后浇混凝土强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验。检验批应符合本标准第 10.3.5 条的规定。

检验方法：按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的要求进行检验。

9.2.2 钢筋采用焊接连接时，其焊接质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定确定。

检验方法：检查钢筋焊接施工记录及平行加工试件的强度试验报告。

9.2.3 钢筋采用机械连接时，其接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及平行加工试件的强度试验报告。

9.2.4 预制构件采用焊接连接时，钢材焊接的焊缝尺寸应满足设计要求，焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求进行检验。

9.2.5 预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求进行检验。

9.3 一般项目

9.3.1 刚节点装配式结构尺寸允许偏差应满足设计要求，并应符合表 9.3.1 的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，对梁、柱，应抽查构件数量的 10%，且不少于 3 件；对墙和板，应按有代表性的自然

间抽查 10%，且不少于 3 间；对大空间结构，墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面，板可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且均不少于 3 面。

表 9.3.1 装配式结构尺寸允许偏差及检验方法

项 目			允许偏差(mm)	检验方法
构件中心线对轴线位置	基础		15	尺量检查
	竖向构件(柱、墙、桁架)		5	
	水平构件(梁、板)		5	
构件标高	梁、柱、墙、板底面或顶面		±5	水准仪或尺量检查
构件垂直度	柱、墙	<5m	5	经纬仪或全站仪测量
		≥5m且<10m	10	
		≥10m	10	
构件倾斜度	梁、桁架		5	垂线、钢尺测量
相邻构件平整度	板端面		5	钢尺、塞尺测量
	梁、板底面	抹灰	5	
		不抹灰	3	
	柱墙侧面	外露	5	
		不外露	5	
构件搁置长度	梁、板		±10	尺量检查
支座、支垫中心位置	板、梁、柱、墙、桁架		5	尺量检查
墙板接缝	宽度		±5	尺量检查
	中心线位置			

9.3.2 外墙板接缝的防水性能应满足设计要求。

检查数量：按批检验。每 1000m²外墙面积应划分为一个检验批，不足 1000m²时也应划分为一个检验批；每个检验批每 100m²应至少抽查 1 处，每处不得少于 10m²。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

本标准用词说明

1 为了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，在条件允许时首先应这样做的：

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 条文中指定应按其他有关标准执行时，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. 《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
3. 《建筑抗震设计标准》GB/T 50011
4. 《钢结构设计标准》GB 50017
5. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
7. 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
8. 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
9. 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
10. 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325
11. 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
12. 《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502
13. 《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608
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. 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
18. 《金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
19. 《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447
20. 《金属高温导热系数测量方法》GB/T 3651
21. 《金属材料 线材和铆钉剪切试验方法》GB/T 6400
22. 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
23. 《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022
24. 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
25. 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
26. 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
27. 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
28. 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
29. 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
30. 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

- 31.《钢筋锥螺纹接头技术规程》 JGJ 109
- 32.《建筑工程饰面砖粘贴强度检验标准》 JGJ 110
- 33.《外墙饰面砖工程施工及验收规程》 JGJ 126
- 34.《钢筋锚固板应用技术规程》 JGJ 256
- 35.《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281
- 36.《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》 JGJ/T 458
- 37.《不锈钢结构技术规程》 CECS 410
- 38.《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T 482
- 39.《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483
- 40.《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》 T/HNKCSJ 011

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

刚节点装配式混凝土结构技术标准

T/HNKCSJ013-2024

条文说明

目次

1	总 则	54
2	术语和符号	55
2.1	术 语	55
3	基 本 规 定	56
4	材 料	57
4.1	混 凝 土	57
4.2	钢筋、钢材	57
4.3	连 接 材 料	57
5	结 构 设 计	59
5.1	一 般 规 定	59
5.2	作用及作用组合	60
5.3	结 构 分 析	60
6	混凝土结构的预制装配设计	13
6.1	一 般 规 定	13
6.2	框架结构预制装配设计	13
6.3	剪力墙结构预制装配设计	20
6.4	框架-剪力墙结构预制装配设计	22
6.5	楼盖设计	23
6.6	预制梁单元与支座预埋件的连接设计	
7	构件制作与运输	31
7.1	一 般 规 定	31
7.2	制 作 准 备	31
7.3	构 件 制 作	32
7.4	构 件 检 验	33
7.5	运输与堆放	35
8	结 构 施 工	37
8.1	一 般 规 定	37
8.2	安 装 准 备	38
8.3	安装与连接	38
9	工 程 验 收	40
9.1	一 般 规 定	40
9.2	主 控 项 目	41
9.3	一 般 项 目	41

1 总 则

1.0.2 刚节点装配式混凝土结构本质上依然是混凝土结构，只是采用了区别于现浇混凝土结构的施工工艺——预制装配+少量现浇，其结构体系等同于现浇混凝土结构体系。基于不低于现浇混凝土结构安全度的设计理念，采用高于现浇混凝土结构的构造措施，在构件、连接节点设计中采用了不低于国家现行标准相关要求的措施，使得刚节点装配式混凝土结构适用于框架结构、一般剪力墙结构、短肢剪力墙结构、框架-剪力墙结构等建筑的建造。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2 刚节点装配式混凝土结构，是指采用预制+现浇混凝土的施工工艺建造的建筑结构。优点是预制构件的质量更易保证，梁柱、墙梁的连接节点采用较高构造要求的刚节点连接方式+后浇混凝土，现场湿作业少，且钢筋连接可靠，使得整体结构质量更易得到保证。

2.1.4 刚节点锯齿形装配式钢筋混凝土剪力墙结构，详见《锯齿形装配式混凝土剪力墙结构技术标准》T/HNKCSJ011-2024。

3 基本规定

3.0.1 刚节点装配式混凝土结构房屋，在建筑方案设计阶段，应充分考虑预制装配式混凝土建筑的特点，重视整体规划及各专业的协调配合，研究预制构件的可行性和经济适用性。各专业应密切配合，对预制构件的尺寸、形状、节点构造等提出具体要求。

3.0.4 根据刚节点装配式混凝土结构的特点，对预制构件的要求提出具体规定。

4 材 料

4.1 混 凝 土

4.1.3 为保证刚节点装配式混凝土结构各预制单元之间的拼缝后浇混凝土的质量，在浇筑混凝土前，应将拼缝内预制构件表面清理干净，用规定等级及相应坍落度的混凝土一次性浇筑完毕，并振捣密实。

自密实混凝土具有高流动度而不离析、不泌水和高均匀性的特点，能在不经振捣或少振捣的情况下自流平充满拼缝，达到密实。采用普通混凝土时，应符合国家现行标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定，并加强混凝土浇筑后的密实度检测。

4.2 钢筋、钢材

4.2.1 为满足房屋结构的经济型、安全性、适用性，受拉钢筋宜采用高强钢筋，连接用钢板宜采用高强度钢材，尤其是框架梁柱节点配筋较多时，采用高强度钢板有利于减小钢板尺寸，便于混凝土的浇筑。

4.2.2 预制墙板单元的分布钢筋宜采用焊接钢筋网，以提高建筑的工业化生产水平。

4.2.3 预制构件起吊用预埋件计算需同时考虑脱模、翻转等工况，吊环的选取需经过专门设计确定，并满足本条规定。当采用其他材质的吊环时，需有可靠依据。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.3 刚节点装配式混凝土结构适用的最大高度主要参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定并适当调整。

5.1.5 刚节点装配式混凝土结构的抗震等级参照现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的相关规定确定。偏于安全考虑，特制定表5.1.5。抗震设防烈度为7度时，抗震设防类别为乙类的刚节点装配式混凝土结构按抗震设防烈度8度确定抗震等级；抗震设防烈度为8度时，抗震设防类别为乙类的刚节点装配式混凝土结构按抗震设防烈度9度确定抗震等级。

5.1.8 高层建筑的体形规则性与结构抗震性能、经济性等关系密切。不规则的建筑方案会导致结构的应力应变集中、传力途径复杂、抗震防线单一、扭转效应增大等问题。这些问题对装配式剪力墙结构是十分不利的，应尽量避免。目前装配式剪力墙结构还处于发展阶段，设计、施工企业也处于不断积累经验的阶段，为了使装配式混凝土结构体系的推广应用更加顺利，适度控制其适用范围是必要的，也符合装配式剪力墙结构的经济性要求。

5.1.11 对于多层混凝土结构（大跨度混凝土结构除外），采用刚节点装配式结构建造可放宽限制。

5.2 作用及作用组合

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，荷载和地震作用及其组合均按国家现行有关标准执行。

5.3 结构分析

5.3.1 在预制构件之间采用安全可靠连接方式前提下,刚节点装配式混凝土结构的整体性能与现浇混凝土结构类似,设计中可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。对于刚节点装配式混凝土结构,应根据结构特点、连接节点的性能选取适当的方法进行结构分析。

预制构件在脱模、起吊、运输、安装等各个环节的设计验算是不能忽视的。预制构件应考虑施工阶段的附加要求,对制作、运输、安装过程中的安全性进行分析。这主要是因为此阶段的受力状态和计算模式经常与使用阶段不同,预制构件的混凝土尚未达到设计强度。

因此,许多预制构件的配筋不是使用阶段的设计计算起控制作用,而经常是此阶段的设计计算起控制作用。

5.4 连接设计

5.4.5 预制构件之间的连接至关重要。混凝土构件的连接包括钢筋和混凝土两种材料的“连接”。钢筋的“连接”很好理解,按受拉等强度连接即可,可采用焊接或机械连接的方式;混凝土的“连接”因其材料及应力特点与钢筋完全不同,就需要特殊构造来保证后浇混凝土与预制构件之间进行可靠的应力传递,从而达到“连接”的目的。叠合板的预制底板,后浇混凝土与预制底板之间的面积较大,最容易形成“二层皮”,影响结构质量,应尽量采用预留键槽的制作工艺,在预制底板上表面设置键槽,保证新老混凝土的协同工作;梁端及梁支座是剪力最大处,均应设置键槽来提高抗剪承载力。

6 混凝土结构的预制装配设计

6.2 框架结构预制装配设计

6.2.3 刚节点装配式混凝土框架结构在条件允许时,可自基础以上开始(图1)。底层框架柱的拼缝宜设于距二层框架梁底 $1/3 \sim 1/2$ 框架柱净高处。

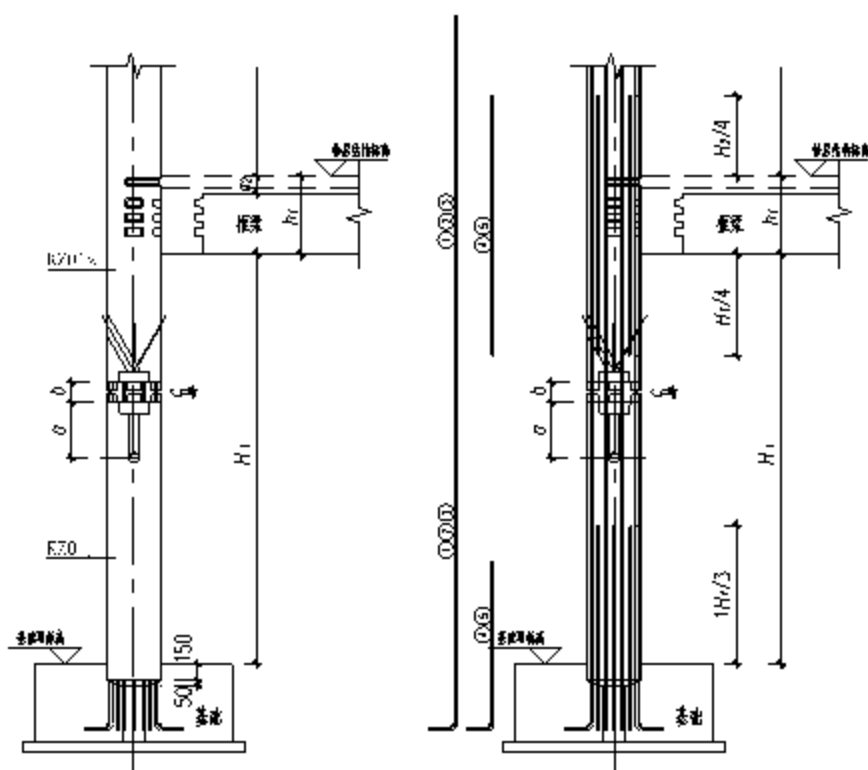


图1 底层预制框架柱示意

柱下基础为独立基础时,底层预制柱也可与独立基础一起预制(图2)。

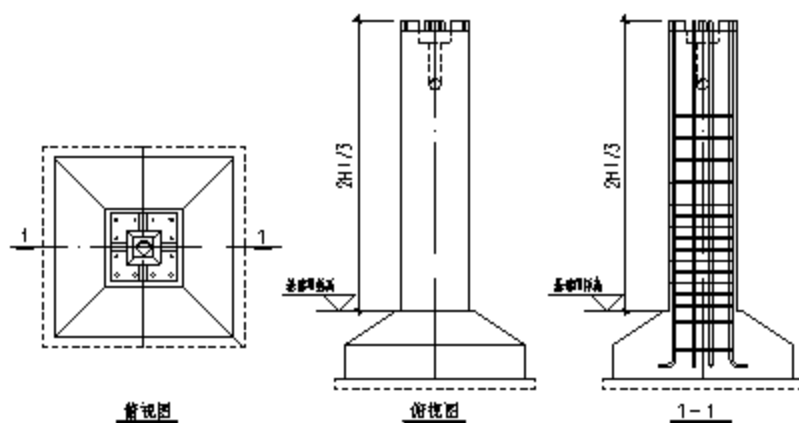


图2 底层预制框架柱与独立基础合并预制示意

框架柱在基础内的锚固时（图3），柱的纵筋和箍筋构造均应满足国家现行标准的有关要求。

框架柱的纵向配筋，其构造配筋和计算配筋应分别满足现行国家标准的相关要求。当计算配筋量大于构造配筋时，采用“构造配筋+附加配筋”模式，既保证结构安全度，又能降低材料用量。

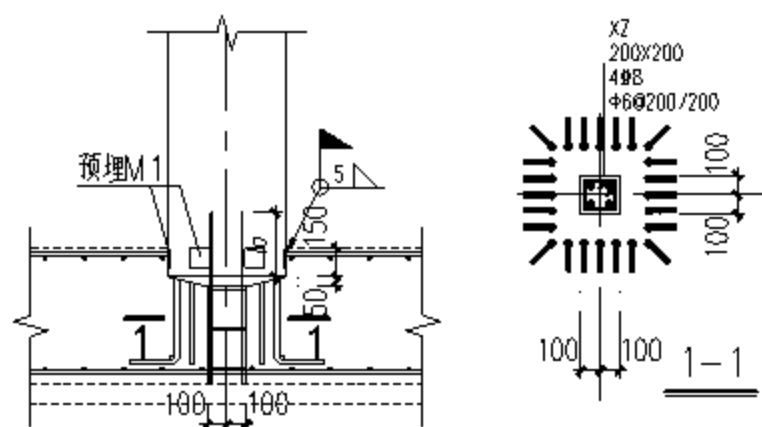


图3 框架柱预制单元与基础的连接构造

6.2.3~6.2.5 框架梁预制单元的设计，涉及框架柱预制单元相关部位的构造设计，在设计中应综合考虑二者的相互关系。框架梁柱节点的设计，一是梁纵向钢筋与柱内预埋钢筋（铁件）的连接，二是梁柱之间的受剪承载力，均应满足相关规范的要求。

梁内纵向钢筋与柱内预埋钢筋（铁件）的连接有多种方法，应根据具体情况设计，影响钢筋与柱内预埋钢筋（铁件）连接的因素有多种，柱内纵筋的位置及间距是重要因素。所以，看似梁内纵筋的锚固问题，实际是涉及柱内纵筋与箍筋的位置及尺寸的设计问题。

对于梁柱间抗剪问题：一是在后浇混凝土部位设置不少于两道梁箍筋；二是分别在梁端和柱侧设置水平键槽；三是考虑采用预埋铁件。

预制装配式混凝土结构，其难点在于预制水平构件（梁、框梁、连梁等）中的受力钢筋如何锚固于支座内，并且要求施工工艺简单、可检、可控，钢筋

的连接质量可靠且可控。只有这样，才能保证结构的安全度达到设计及国家现行标准的要求。

预制装配工艺不同于现浇工艺，传统现浇工艺中钢筋的连接与锚固，照搬到预制装配施工工艺中来是不行的，必须寻求改变。

基于钢筋混凝土结构构件中钢筋的作用及应力状态，分为受拉和受压钢筋，其连接和锚固采用不同的尺寸和方式，保证钢筋应力的有效传递。

1 钢筋的连接方式

1) 当需连接钢筋为单向，或不同方向钢筋在不同标高无交叉，可采用图 4 所示的几种连接方式；

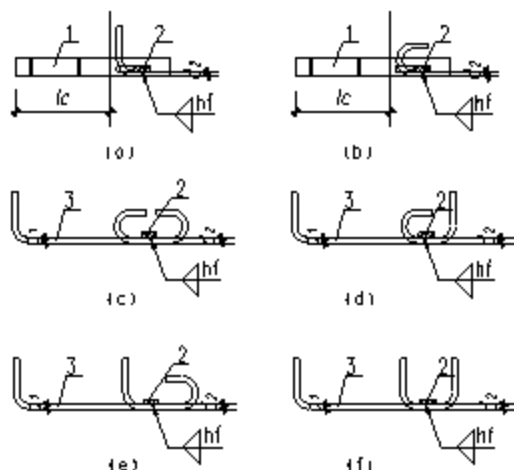


图 4 梁纵筋连接方式

1—连接钢板；2—转换钢板；3—支座内预埋锚固钢筋

图 4 中 $l_c \geq 0.45l_{aE}$ ；钢插板 2 与需连接钢筋焊接，焊缝高度应大于 5mm，长度 $l_f \geq 5d$ ， $d = \max(d_1, d_2)$ 。

2) 钢筋弯头并非必需，但弯头可以增大混凝土对钢筋的握裹力，增加结构的安全度。国家现行标准对钢筋弯头的构造要求见图 5。

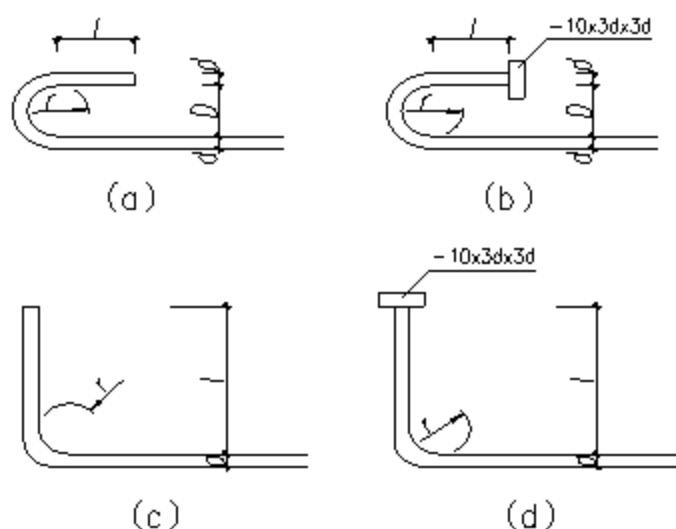


图5 梁端纵筋构造

图5中 r 、 D 的取值：

当 $d < 25$ 时， $r = 2d$ ；当 $d \geq 25$ 时， $r = 3d$ 。

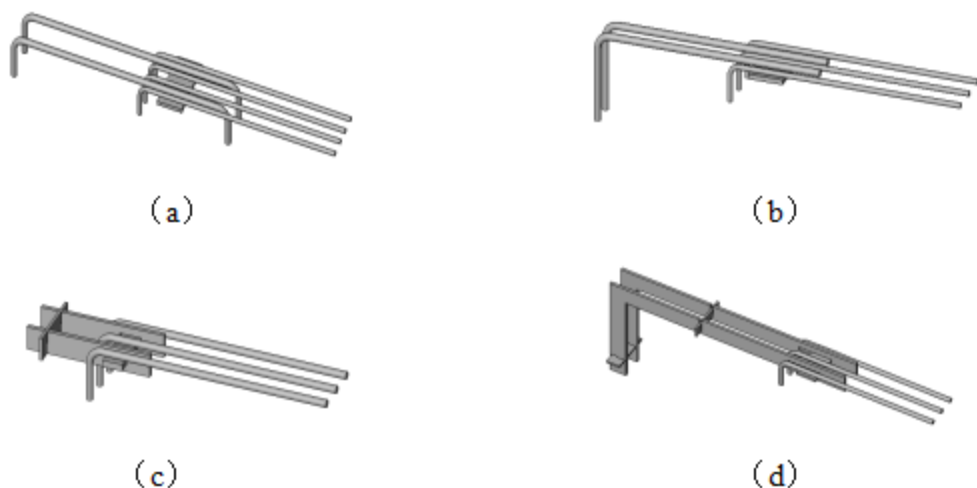
当 $d < 25$ 时， $D = 4d$ ；当 $d \geq 25$ 时， $D = 6d$ 。

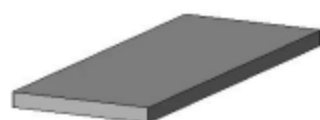
图5中 l 的取值：

当用于钢筋接头时， $d < 20$ ， $l = 5d$ ； $d \geq 20$ ， $l = 8d$ 。当钢筋直径 $d \geq 20$ 时，尽量采用(b)和(d)的构造。

2 钢筋的锚固

刚节点装配式混凝土结构中，通过预埋锚固件与钢筋连接达到锚固的目的。预制构件中预埋锚固件（钢筋或钢板）的设计，应满足国家现行有关标准的要求（图6）。





(e)

图6 梁端纵筋连接构造

3 钢筋连接计算

1) 支座上部受拉钢筋：与连接钢板采用等强度代换原则进行验算。

a 转换钢板图 6 (e) 在纵筋和纵筋连接件的共同作用下，按水平简支梁或多跨连续梁进行承载力验算。

b 转换钢板的构造要求：

- ① 转换钢板的长度=梁（墙）宽-2*保护层厚度，保护层厚度不应小于 10mm；
- ② 转换钢板的宽度 $\geq 5d$ ， d 为连接钢筋的直径；
- ③ 转换钢板的厚度在满足承载力要求的同时，不应小于连接钢筋直径的 70%。

依据《钢筋焊接及验收规程》JGJ18-2012 第 4.5.12 条，焊缝的焊脚尺寸不宜大于较薄焊件厚度的 1.2 倍，不得小于钢筋直径的 35%。钢筋与钢板搭接焊的构造要求见图 7。

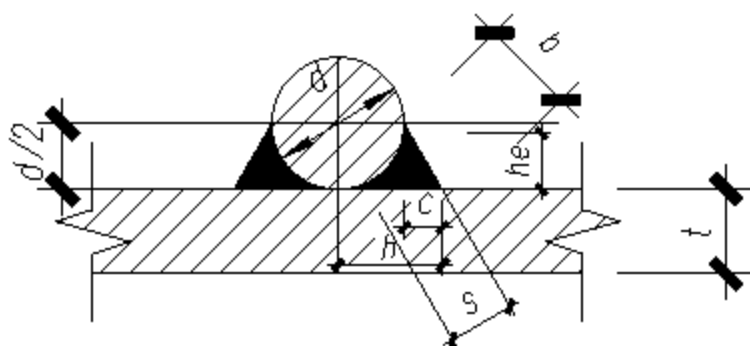


图7 钢筋与钢板焊接焊缝

d —钢筋直径； b —焊缝宽度； c —焊缝尺寸； t —钢板厚度； s —焊缝尺寸； h —焊缝有效厚度； h_e —焊

缝计算高度； $b \geq 0.6d, h_e = s \geq 0.35d$

2) 钢板抗拉剪撕裂验算：

a 按钢筋混凝土梁的构造要求，取梁上钢筋最小中心距为 $2.5d$ ，以抗撕裂最不利的角筋为验算对象，按《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 12.2.1 条：

$$\frac{N}{\sum(\eta_i A_i)} \leq f \quad (2)$$

$$A_i = t l_i \quad (3)$$

$$\eta_i = \frac{1}{\sqrt{1 + 2 \cos^2 \alpha_i}} \quad (4)$$

b 考虑钢筋与钢板为单面连接，取最不利截面AB~BC（图8）；钢筋抗拉强度设计值 f_y ，钢材抗拉强度设计值 f ，角焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值 f_y^w ，则：

$$\eta_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 2 \cos^2 \left(\frac{5d}{\sqrt{(5d)^2 + (0.75d)^2}} \right)}} = 0.79$$

$$\sum(\eta_i A_i) = \eta_1 A_1 + \eta_2 A_2 = t(0.79 * \sqrt{(5d)^2 + (0.75d)^2} + d + c) = (4.99d + c)t$$

由式（2），得到：

$$t \geq \frac{\pi d^2 f_y}{4 f (4.99d + c)}$$

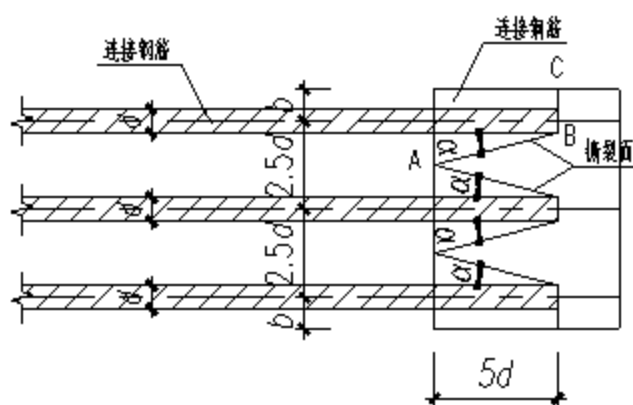


图8 钢筋与钢板连接示意

$$b = c + \frac{d}{2} ; c \text{—钢筋保护层厚度}$$

3) 钢筋与钢板的焊缝强度验算：参照《钢结构设计标准》GB 50017-2017

第11.2.2条：

$$\tau_i = \frac{N}{h_e l_w} \leq f_t^w \quad (5)$$

$$\text{即 } l_w \geq \frac{N}{h_e f_t^w} \geq \frac{\pi d^2 f_y}{4 h_e f_t^w}$$

取焊缝高度 $h_e=0.5d$ ，将 $f_y=305$ ， $f_t^w=200$ 代入上式，得到 $l_w \geq 2.4d$ 。

由此， $5d$ 焊缝长度远远大于所需承载力要求。

22组钢筋与钢板焊接拉拔实验证明了上面的计算结果。22组实验结果均为钢筋拉断，而钢板和焊缝无一出现破坏。

6.4 框架-剪力墙结构预制装配设计

6.4.1 刚节点装配式框架-剪力墙结构是由框架和剪力墙两部分组成，其预制单元包括框架梁、框架柱及剪力墙预制单元。剪力墙预制单元一般为带端柱的剪力墙，其边缘构件预制单元与一般剪力墙有所区别。

6.4.5 带端柱的剪力墙预制单元分为带端柱的边缘构件预制单元和一字墙预制单元。端柱边缘构件的设计应将框架柱和边缘构件综合考虑，形成“带端柱的边缘构件预制单元+一字墙预制单元”的组合形式。