

黑龙江省地方标准

DB23

DB23/T****-2010

预制装配整体式房屋混凝土剪力墙结构技术规范
Technical specification for concrete shear wall
structure assembled with precast components

2010-XX-XX 发布

2010-XX-XX 实施

黑龙江省住房和城乡建设厅
黑龙江省质量技术监督局

联合发布

黑龙江省地方标准

预制装配整体式房屋混凝土剪力墙结构技术规范

Technical specification for concrete shear wall
structure assembled with precast components

DB23/T*****-2010

主编单位：哈尔滨工业大学

黑龙江宇辉新型建筑材料有限公司

批准部门：黑龙江省住房和城乡建设厅

黑龙江省质量技术监督局

施行日期：2010 年 XX 月 XX 日

2010 哈尔滨

前 言

为了提升黑龙江省建筑工业化技术水平，编制组经广泛调查研究，在认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内标准，并广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要内容：1 总则；2 术语和符号；3 材料；4 建筑设计；5 结构设计；6 连接与构造；7 非结构预制构件；8 生产制作；9 运输和存放；10 安装施工；附录 A。

本规范由黑龙江省住房和城乡建设厅和黑龙江省质量技术监督局批准，由哈尔滨工业大学负责具体内容的解释。各单位在本规范执行过程中的意见和建议，请寄送至哈尔滨工业大学土木工程学院（哈尔滨市南岗区海河路 202 号工大二校区 2539 信箱，150090，email:3260787@hit.edu.cn）。

本规范主编单位：哈尔滨工业大学

黑龙江宇辉新型建筑材料有限公司

本规范参编单位：

哈尔滨中建建筑设计有限公司

哈尔滨市建设工程质量监督总站

黑龙江宇辉建筑有限责任公司

黑龙江省住房和城乡建设厅

黑龙江旭正监理有限公司

哈尔滨保利房地产综合开发有限责任公司

本规范主要起草人：

姜洪斌 刘文清 王震宇 田玉滨 翟希梅

耿永常 王 政 杨 跃 徐仁弟 李 辽

闫红缨 陈 飞 金旺洲

本规范审查专家委员会成员：

朱卫中 曹升铉 杜汉民 王公山 李家和

贾彦武 宋国刚 郑文忠 王首良 张国祥

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 材料	4
4 建筑设计.....	4
4.1 一般要求.....	4
4.2 外墙.....	4
4.3 非承重墙.....	5
4.4 装修、装饰.....	5
5 结构设计.....	5
5.1 基本原则.....	5
5.2 结构分析.....	5
5.3 构件设计一般规定.....	6
5.4 预制剪力墙.....	7
5.5 叠合梁、叠合板、预制楼梯.....	7
6 连接与构造.....	7
6.1 一般规定.....	7
6.2 钢筋锚固、搭接连接.....	8
6.3 结合面、叠合面构造要求.....	9
6.4 节点配筋构造要求.....	11
6.5 结合面承载力计算.....	13
7 非结构预制构件.....	14
8 生产制作.....	15
8.1 台座和模具.....	15
8.2 原材料.....	15
8.3 生产制作.....	16
8.4 质量验收.....	16
9 运输和存放.....	17
9.1 运输.....	17
9.2 存放.....	18
10 安装施工.....	18
10.1 准备工作.....	18
10.2 安装施工.....	18
10.3 质量验收.....	20
10.4 安全管理.....	21
10.5 成品保护.....	21
附录 A 质量验收标准和方法.....	22
条文说明.....	25

1 总 则

1.0.1 为了贯彻执行国家的技术经济政策，充分发挥预制混凝土结构的优越性，促进建筑工业化进程，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、节能减排，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于黑龙江省（抗震设防烈度为 6 度和 7 度）预制装配整体式房屋混凝土剪力墙结构的设计、制作、施工和验收。其中竖向结构构件为预制混凝土剪力墙，水平构件为预制混凝土叠合梁、叠合板，楼梯为预制混凝土楼梯，及其他可采用预制混凝土结构的构件。当有特殊设计施工要求时，可部分采用预制混凝土结构和构件。

1.0.3 本规范进行抗震设计的建筑结构，其抗震设防目标应符合国家现行《建筑抗震设计规范》（GB50011）的要求。

1.0.4 预制混凝土剪力墙结构的设计、制作、施工、验收，除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家有关标准、规程和规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

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

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

2.1.2 预制混凝土构件 (precast concrete member)

在工厂或现场预先制成的混凝土构件。

2.1.3 插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接

(plug-type preformed grout hole reinforcement connection)

采用设置加强筋的预留孔灌浆纵向钢筋搭接连接方法。

2.1.4 插销式焊接环连接 (reinforcing ring bars welded connection)

采用焊接环状钢筋相互套插并后浇混凝土的水平钢筋连接方法。

2.1.5 结合面 (Joint surface)

预制混凝土构件之间连接处的表面。

2.1.6 叠合面 (Laminated surface)

在预制混凝土叠合构件，如叠合梁、叠合板上，后浇混凝土的承托面。

2.1.7 部品 (Housing parts)

根据设计通过工厂化生产并按照配套技术在现场组装的，作为结构中的某一部位且能满足该部位规定的一项或者几项主要功能要求的单元。

2.1.8 模具 (mould)

用于制作预制混凝土构件、部品的工具式模板。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

S —结构构件内力组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值；

V_j —结合面竖缝剪力；

V_i —墙肢水平剪力；

N —墙肢轴力设计值；

2.2.2 材料性能和抗力

f_y —钢筋抗拉强度设计值；

f_t —混凝土轴心抗拉强度设计值；

R —构件承载力值；

2.2.3 几何参数

d —钢筋的公称直径；

A_s —钢筋截面面积；

h —墙肢层高；

b —墙肢宽度；

A_c —单个抗剪连接齿槽抗剪面积。

2.2.4 计算系数及其它

α —钢筋的外形系数；

γ_{RE} —承载力抗震调整系数；

l_a —受拉钢筋的锚固长度；

l_{aE} —受拉钢筋的抗震锚固长度；

l_l —受拉钢筋的搭接长度；

l_{lE} —受拉钢筋的抗震搭接长度；

n_c —抗剪连接齿槽个数；

ζ —受拉钢筋搭接长度修正系数；

ζ_c —抗剪连接齿槽共同工作系数。

3 材料

3.0.1 预制混凝土剪力墙结构的混凝土和钢筋各项性能指标应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的规定。

3.0.2 预制混凝土剪力墙结构的混凝土强度等级不宜低于 C30, 后浇混凝土强度等级不应低于预制混凝土构件的强度等级。

3.0.3 预制混凝土剪力墙结构钢筋选用 HPB300、HRB335、HRB400、HRB500、HRBF335、HRBF400、HRBF500 级热轧钢筋。

3.0.4 用于预制混凝土构件钢筋搭接连接的水泥基灌浆料, 与变形钢筋的粘结强度应大于 13MPa, 用于结合面连接的水泥基灌浆料抗压强度不低于 70MPa。

3.0.5 预制混凝土构件吊环、预埋件等应采用具有良好塑性的钢材或可靠保证的其他材料制作, 设计计算方法及构造要求应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的规定。

4 建筑设计

4.1 一般要求

4.1.1 预制混凝土结构的建筑设计应符合现行国家建筑设计标准的要求。并应做到基本构件、房屋开间、连接构造、配件及设备管线布置的标准化。

4.1.2 对抗震设防的建筑, 建筑体型、布置及构造等应符合抗震设计原则的要求。

4.1.3 建筑节能应符合《黑龙江省居住建筑节能 65%设计标准》(DB23/ T 1270-2008) 的规定。

4.2 外墙

4.2.1 预制混凝土建筑外墙及其接缝设计应满足结构、热工、防水、防火及建筑装饰等要求, 并做到技术先进、材料耐久、便于制作和安装。

4.2.2 预制混凝土建筑外墙宜采用复合夹心保温构造。构造层与结构层的拉结件, 必须采取具有绝热性能的材料。

4.2.3 预制混凝土建筑外墙的接缝应作防水处理，并应根据接缝特点、气候条件等选用满足要求的材料和防水方式。

4.3 非承重墙

4.3.1 非承重墙体优先采用适合制作安装的轻质墙体，非承重墙体应与相邻主体结构构件应有可靠的拉结，并应满足保温、防水、隔声等建筑要求。

4.4 装修、装饰

4.4.1 建筑装修、装饰，应采用耐久的材料和做法，并应适应预制混凝土结构构件的制作和施工特点。

4.4.2 后装的装修、装饰材料和构件应与主体结构进行可靠拉结。

5 结构设计

5.1 基本原则

5.1.1 本规范适用的装配整体式预制混凝土剪力墙结构，整体计算分析可按现浇混凝土结构的方法进行。

5.1.2 竖向荷载、风荷载按国家标准《建筑结构荷载规范》(GB50009)的有关规定采用，地震作用按国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011)的有关规定采用。

5.1.3 根据实际情况对结构进行竖向荷载、风荷载和（或）地震作用效应分析，并按行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3)的有关规定采用。

5.1.4 选取的结构分析应能较准确地反映结构中各构件的实际受力状况与边界条件。体型复杂、结构布置复杂的结构应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行计算。对有限元分析结果，应经分析判断确认其合理、有效后方可用于工程设计。

5.1.5 进行结构整体计算分析时，可假定叠合楼板在其自身平面内为无限刚性，相应地设计时应采取必要措施保证叠合楼板平面内的整体刚度。当楼板会产生较明显的面内变形时，计算时应考虑楼板的面内变形或对采用楼板面内无限刚性假定计算方法的计算结果进行适当调整。

5.2 结构分析

5.2.1 本规范适用的装配整体式预制混凝土结构的最大高度应符合表 5.2.1 的要求。

表 5.2.1 装配整体式预制混凝土结构适用的最大高度（m）

结构类型	抗震设防烈度	
	6 度	7 度
全部落地剪力墙结构	140	120

- 注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；
- 5.2.2 建筑抗震设防类别的划分，应符合国家标准《建筑抗震设防分类标准》（GB50223）的规定。
- 5.2.3 对于装配整体式预制混凝土剪力墙结构，在结构分析时宜符合下列规定：
- 1 剪力墙连梁不考虑楼面翼缘的增强作用；
 - 2 采用叠合板时，剪力墙窗下口与下层窗上口可按双连梁或独立连梁（窗下口或窗上口）进行结构整体分析；采用现浇板时，窗下口与下层窗上口之间的部分可全部作为连梁参与结构分析。
- 5.2.4 多遇地震、罕遇地震作用下结构的抗震计算与变形验算，应符合《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）的有关规定。

5.3 构件设计一般规定

- 5.3.1 装配整体式预制混凝土剪力墙结构中的剪力墙等预制构件的拆分原则是便于标准化生产、吊装、运输和就位，应符合下列规定：
- 1 预制剪力墙的竖向拆分宜在各层层高处进行；
 - 2 预制剪力墙的水平拆分应保证门窗洞口的完整性，便于部品标准化生产；
 - 3 预制剪力墙结构最外部转角部位应采取加强措施，当不满足设计构造要求时可采用现浇构件；
 - 4 预制构件生产、养护后的收缩变形不应影响构件的设计尺寸；
 - 5 预制构件应符合吊装设备的施工要求；
 - 6 预制构件应符合我国道路运输管理规定对尺寸及重量的有关要求。
- 5.3.2 预制构件的连接应采取本规范规定的构造措施，使装配后构件的刚度、承载力、恢复力特性、耐久性以及耐火性等同于现浇混凝土构件。
- 5.3.3 预制构件在施工阶段和使用阶段各种不利组合作用下，应进行承载力、裂缝宽度及挠度的验算。
- 5.3.4 预制构件的截面抗震验算，应采用下列设计表达式：

$$S \leq R / \gamma_{RE} \tag{5.3.5}$$

式中 R —按材料强度设计值计算的构件承载力；

γ_{RE} —承载力抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的有关规定采用。

5.4 预制剪力墙

5.4.1 在满足本规范规定的构造措施情况下，预制剪力墙的截面配筋设计、构造措施均与现浇混凝土构件相同，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB50010）和《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的有关规定执行。

5.4.2 剪力墙构件结合面的抗剪承载力验算应符合本规范 6.5.2 和 6.5.3 的规定。

5.5 叠合梁、叠合板、预制楼梯

5.5.1 叠合梁、叠合板、预制楼梯等受弯构件正常使用和承载力极限状态的验算应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》（GB50010-2002）和《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的有关规定。

5.5.2 截面设计时，叠合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%。

5.5.3 叠合梁、叠合板、预制楼梯结合面的抗剪承载力验算应符合本规范 6.5.4 的规定。

6 连接与构造

6.1 一般规定

6.1.1 预制混凝土结构连接应具有可靠的整体受力性能。构件间钢筋连接可采用搭接连接、焊接连接和机械连接。

6.1.2 预制混凝土结构连接与构造应优先采用标准化方法，以提高构件连接的可靠性和制作安装的效率。

6.1.3 本规范规定的预制混凝土结构楼盖可采用叠合楼板，且应符合下列要求：

- 1 楼盖每层应设置钢筋混凝土现浇层。现浇层厚度不应小于 60mm，预制层厚度不小于 60mm，楼板配筋应双向布置；
- 2 楼板预制层搁置在梁或剪力墙上的长度分别不宜小于 25mm、15mm；
- 3 当房屋的顶层、结构转换层、平面复杂或开洞过大的楼层、作为上部结构嵌

固部位的地下室楼层采用叠合楼板时，现浇层厚度不应小于 80mm，预制层厚度不小于 80mm，宜双层双向通长配筋。

6.2 钢筋锚固、搭接连接

6.2.1 预制混凝土结构构件受力钢筋之间的锚固、连接，宜优先采用便于安装施工的插入式预留孔灌浆钢筋锚固、搭接连接。

6.2.2 采用插入式预留孔灌浆的普通钢筋锚固长度应满足下列要求：

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋的锚固长度应按下列公式计算：

$$l_a = \alpha f_y d / f_t \quad (6.2.2)$$

式中

l_a —受拉钢筋的锚固长度；

f_y —普通钢筋的抗拉强度设计值；

f_t —当水泥基灌浆料强度应高于构件的混凝土强度时，按构件的混凝土轴心抗拉强度设计值取用，当高于 C40 时，按 C40 取值；

d —钢筋的公称直径；

α —钢筋的外形系数，当采用变形钢筋时， $\alpha=0.14$ 。

6.2.3 插入式预留孔灌浆的钢筋锚固，当计算中充分利用钢筋的抗压强度时，其锚固长度不应小于 6.2.2 规定的受拉锚固长度的 0.7 倍。

6.2.4 插入式预留孔灌浆的普通钢筋搭接长度应满足下列要求：

1 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为 100%时，配有约束螺旋加强箍筋的受拉钢筋搭接长度按下列公式计算：

$$l_l = \zeta l_a \quad (6.2.4-1)$$

式中

l_l —受拉钢筋的搭接长度；

l_a —受拉钢筋的锚固长度，按本规范 6.2.2 条确定；

ζ —受拉钢筋搭接长度修正系数， $\zeta=1.6$ 。

2 纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算：

$$\text{一、二级抗震等级} \quad l_{aE} = 1.15 l_a \quad (6.2.4-3)$$

$$\text{三级抗震等级} \quad l_{aE} = 1.05 l_a \quad (6.2.4-4)$$

四级抗震等级

$$l_{aE} = l_a$$

(6.2.4-5)

3 纵向受拉钢筋的抗震搭接长度 l_{lE} 应按下列公式计算:

$$l_{lE} = \zeta l_{aE} \quad (6.2.4-5)$$

6.2.5 采用插入式预留孔灌浆的钢筋搭接长度不应小于 300mm, 搭接长度按较大直径钢筋计算。

6.2.6 纵筋直径大于 25mm 的构件和需进行疲劳验算、直接承受动力荷载构件的纵筋不得采用插入式预留孔灌浆的普通钢筋搭接接头。

6.3 结合面、叠合面构造要求

6.3.1 预制混凝土构件的结合面、叠合面上应做界面增强抗剪连接处理。结合面处后浇混凝土或水泥基灌浆料的补偿收缩率不低于 1.0×10^{-4} 。叠合面上应采用凹凸不小于 6mm 的自然粗糙面, 或采用双向设置的间距不大于 50mm、深和宽不小于 10mm 的人工刻痕。

6.3.2 预制混凝土剪力墙的结合面上应设有抗剪连接齿槽, 齿槽深度不应小于 10mm, 宽度不应小于 20mm、间距不应大于 200mm。齿槽长度应大于构件截面宽度的 0.8 倍, 齿槽长度方向不应平行于主剪力方向。

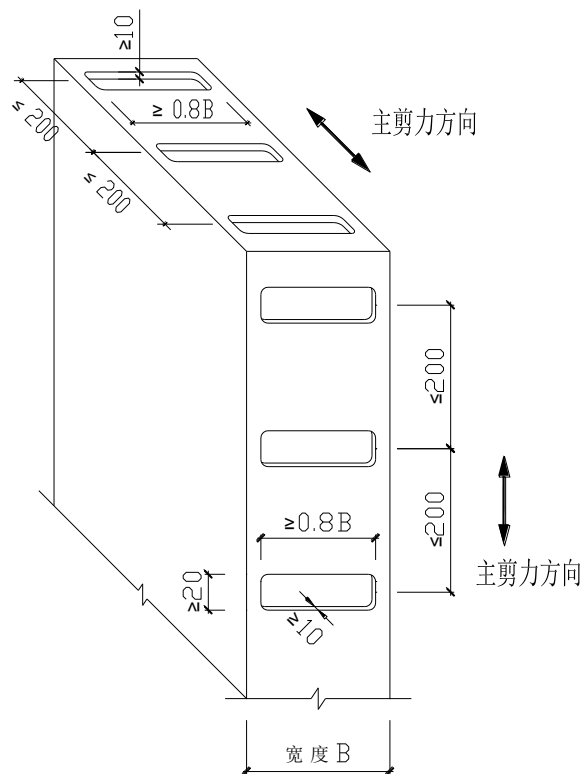


图 6.3.2 剪力墙结合面抗剪连接构造

6.3.3 预制混凝土叠合梁支承于剪力墙上的端部截面高度不小于预制截面高度的 1/2。梁端部结合面上的齿槽深度不应小于 10mm、宽度不应小于 20mm，齿槽长度应大于梁截面宽度的 0.8 倍，齿槽间距不应大于 100mm，齿槽不应平行于梁端主剪力方向。

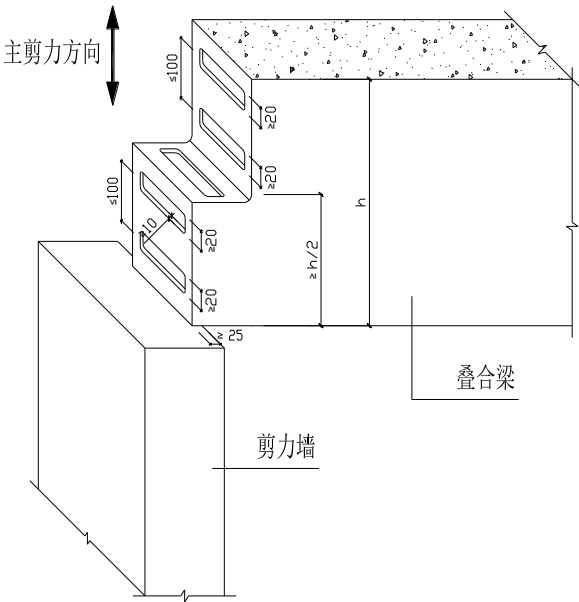


图 6.3.3 梁端结合面抗剪连接构造

6.3.4 预制混凝土叠合板当跨度超过 5m 或悬挑板负筋伸入时，叠合板周边 1/4 跨或悬挑板负筋范围内，预制板应设置伸入现浇层的界面抗剪连接钢筋。该抗剪连接钢筋直径不小于 $\Phi 8$ ，中心间距不小于 600mm，伸入现浇层不小于 40mm。

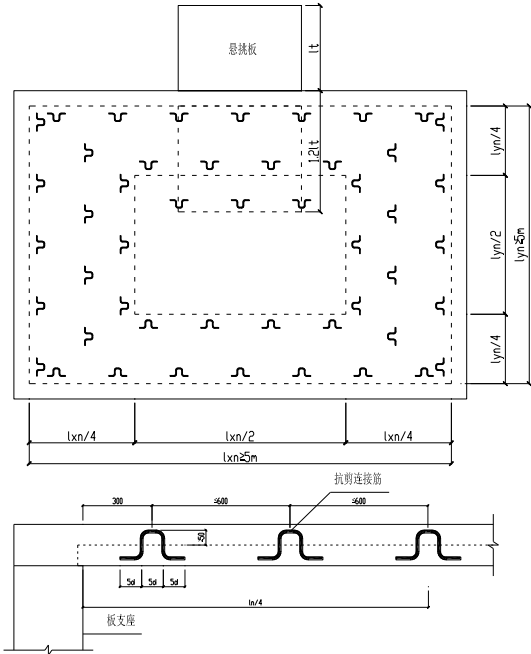


图 6.3.4 叠合板界面抗剪连接钢筋构造要求

6.4 节点配筋构造要求

6.4.1 预制混凝土剪力墙之间纵向钢筋连接宜采用插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接，纵筋弯折入孔时，弯折比不大于 1:10。构件之间的水平缝隙高度不宜小于 10mm。

6.4.2 预制混凝土剪力墙之间的水平连接宜设置现浇连接带，现浇连接带宽度不应小于 200mm。水平钢筋在现浇连接带处可采用插销式焊接环钢筋连接，焊接环钢筋应不小于构件水平钢筋或暗柱箍筋，插筋应不小于构件的纵向分布钢筋或暗柱纵向钢筋，被连接构件的水平钢筋应焊接。

6.4.3 叠合梁与剪力墙连接处，剪力墙应预留梁窝，梁窝尺寸应满足梁纵筋锚固构造要求。

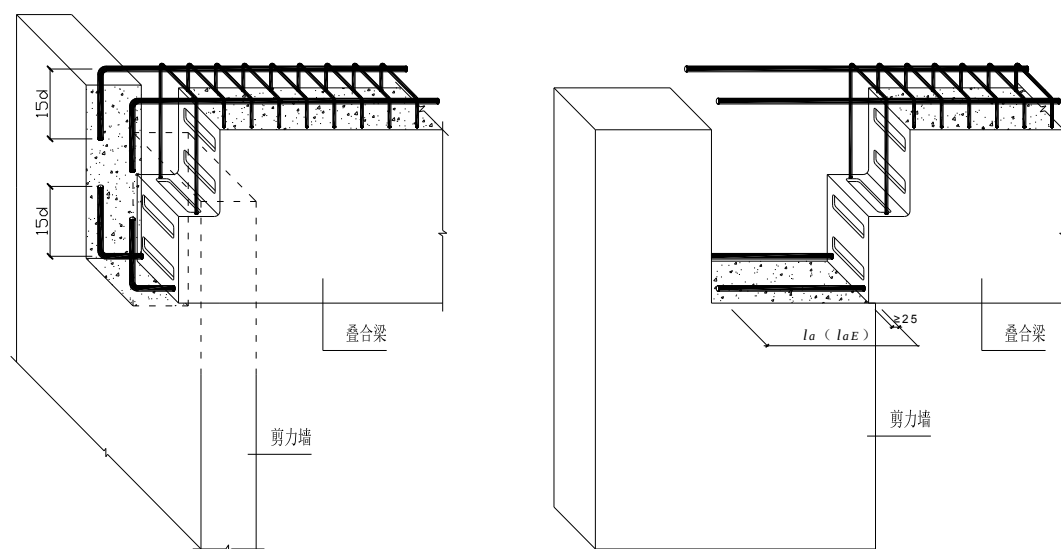


图 6.4.3 叠合梁纵筋与剪力墙连接构造

6.4.4 预制混凝土双向叠合板在跨度内拼接时，宜在拼接处设置通长后浇带，后浇带宽度不宜小于 200mm，预制板底部钢筋于后浇带范围内进行焊接或机械连接。当承载力计算和裂缝挠度验算满足要求时，可于拼接长度中部不小于 1/2 范围内设置后浇连接带，后浇带以外接缝处应于预制板面上设置等量搭接钢筋，接缝两侧长度应各不小于 l_a 。单向板不应在受力跨内拼接。单向板在非受力跨内拼接时，接缝处应于预制板面上设置等量搭接钢筋，接缝两侧长度应各不小于 l_a 。

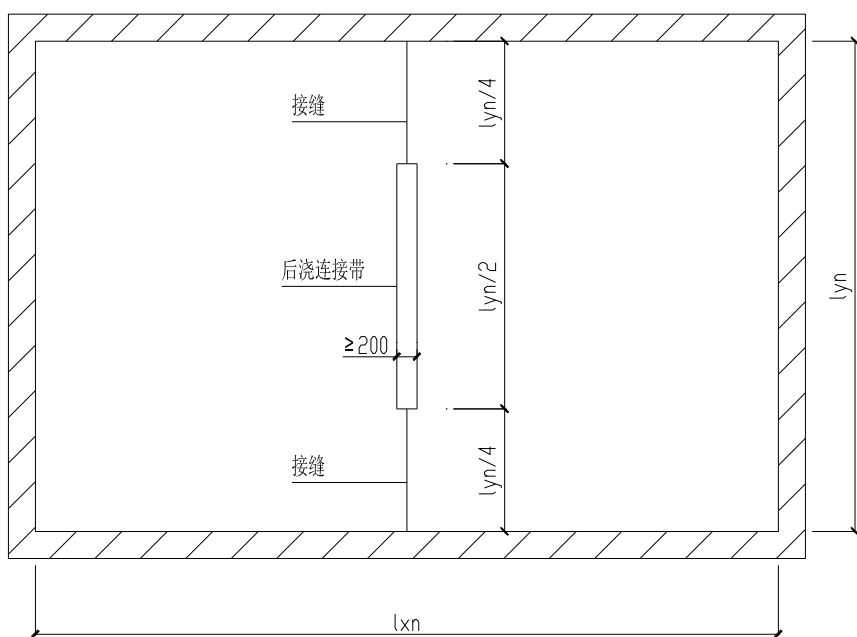


图 6.4.4-1 叠合板跨内拼接后浇连接带设置构造

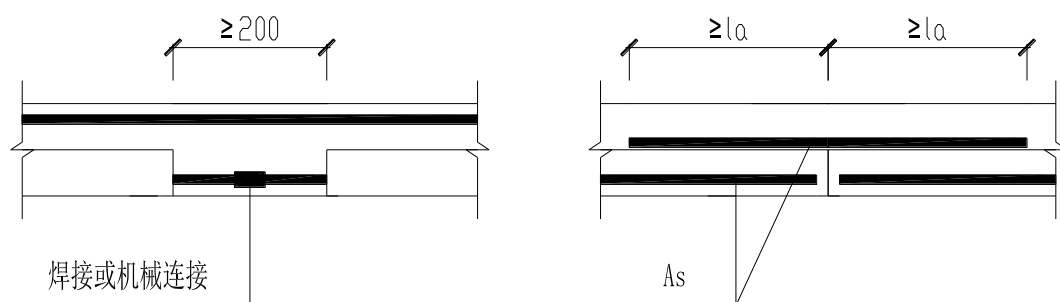


图 6.4.4-2 叠合板跨内后浇连接带及接缝处配筋构造

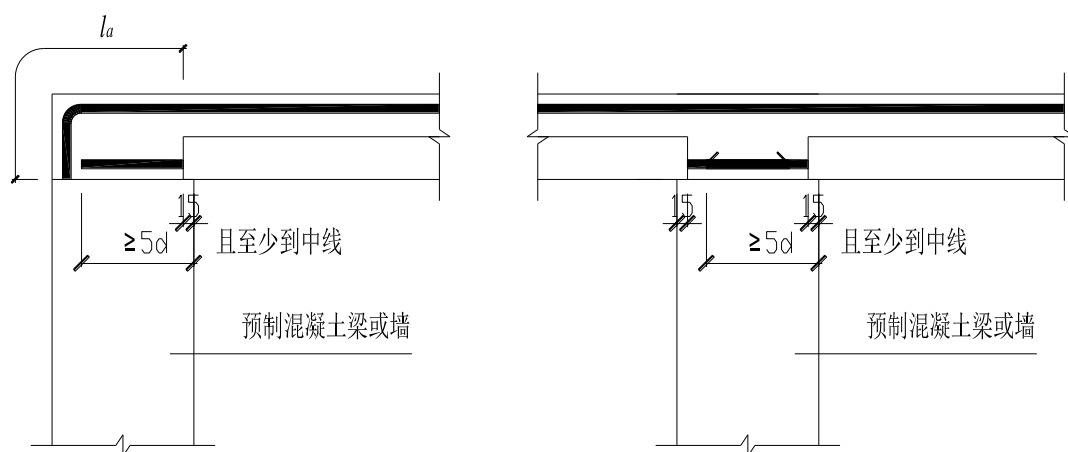


图 6.4.4-3 叠合板端支座配筋构造

6.4.5 预制混凝土楼梯应满足设计要求的支撑边界条件，楼梯梁、梯段板、平台板钢筋伸入支座长度应满足受力所需的锚固及构造要求。梯梁宜采用倒 T 形

叠合梁，梯段和平台板应在梯梁后浇叠合层内锚固，其中负筋锚固长度不应小于 l_a ，底筋锚固长度不应小于 $20d$ 。

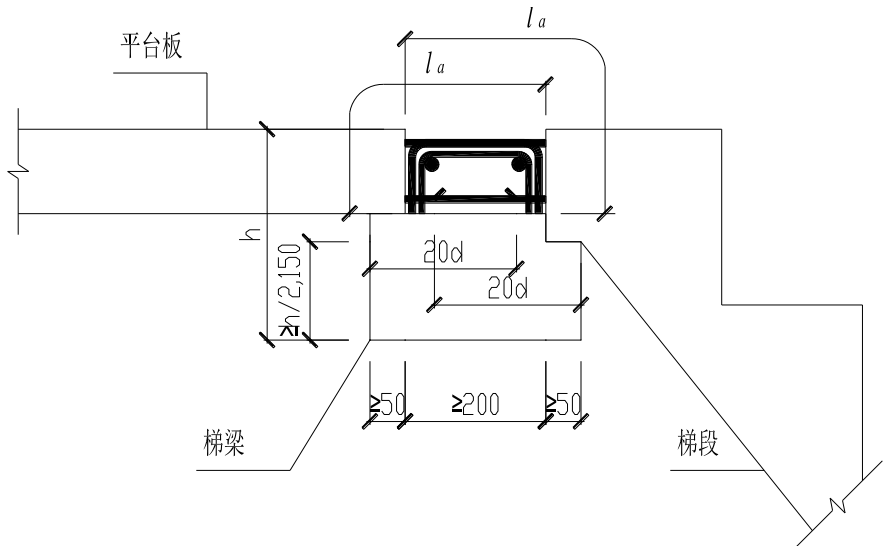


图 6.4.5 楼梯钢筋连接构造

6.5 结合面承载力计算

6.5.1 预制混凝土剪力墙墙肢竖缝结合面剪力 V_j 可按下式计算：

$$V_j = 1.5 \frac{h}{b} V_i \tag{6.5.1}$$

式中

V_i —墙肢水平剪力；

h —墙肢层高；

b —墙肢宽度。

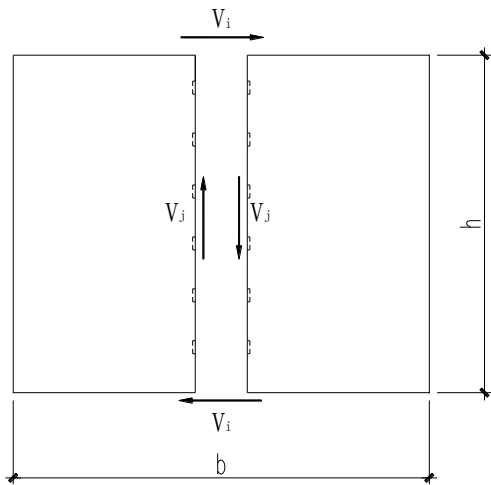


图 6.5.1 墙肢竖缝剪力计算

6.5.2 预制混凝土剪力墙墙肢竖缝结合面抗剪承载力 V_j 可按下列式计算：

非抗震设计

$$V_j \leq \zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s \quad (6.5.2-1)$$

抗震设计

$$V_j \leq (\zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s) / \gamma_{RE} \quad (6.5.2-2)$$

式中

V_j —墙肢结合面竖缝剪力设计值，按（6.5.1）计算；

n_c —抗剪连接齿槽个数；

A_c —单个抗剪连接齿槽抗剪面积；

f_t —混凝土抗拉强度设计值；

ζ_c —抗剪连接齿槽共同工作系数， $\zeta_c = 1 - 0.1 n_c$ ， $\zeta_c \leq 0.5$ ；

A_s 、 f_y —穿过剪力墙结合面钢筋截面面积和钢筋抗拉强度设计值；

γ_{RE} —抗震调整系数， $\gamma_{RE} = 0.85$ ；

6.5.3 预制混凝土剪力墙墙肢水平缝抗剪承载力 V_i 可按下列式计算：

一、对于非抗震设计

$$\text{轴力 } N \text{ 为压力时} \quad V_i \leq 0.25 \zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s + 0.4N \quad (6.5.3-1)$$

$$\text{轴力 } N \text{ 为拉力时} \quad V_i \leq 0.25 \zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s - 0.5N \quad (6.5.3-2)$$

二、对于抗震设计

$$\text{轴力 } N \text{ 为压力时} \quad V_i \leq (0.25 \zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s + 0.3N) / \gamma_{RE} \quad (6.5.3-3)$$

$$\text{轴力 } N \text{ 为拉力时} \quad V_i \leq (0.25 \zeta_c n_c A_c f_t + 0.5 \sum f_y A_s - 0.5N) / \gamma_{RE} \quad (6.5.3-4)$$

式中

N —对应于 V_i 的墙肢轴力设计值。

6.5.4 当满足本规范构造要求时，预制混凝土叠合梁梁端结合面抗剪承载力可按《混凝土结构设计规范》（GB50010）进行计算。

7 非结构预制构件

7.0.1 围护墙和隔墙等非结构构件优先采用适合现场安装的预制轻质墙体，与

相邻主体结构构件应有可靠的拉结，并应适应结构的各种变形。

7.0.2 结构构造洞口填充墙宜优先采用与两侧结构构件整体制作的预制空心混凝土填充墙，以减少施工程序、增强抗裂及整体连接性能。

7.0.3 建筑外墙宜采用一次成型预制的复合夹心保温墙体，其结构层与外侧保温构造层、保护构造层间应采用具有断热功能的拉结件进行可靠拉结。预制外墙之间的各个构造层衔接处应采用可靠的防水措施进行密闭。

7.0.4 围护墙和隔墙应考虑对结构抗震的不利影响，避免不合理设置而导致主体结构的破坏。

7.0.5 应按有关规定确定非结构构件对主体结构刚度的影响和验算非结构构件的抗震承载力。

7.0.6 附着于楼、屋面结构上的非结构构件，应与主体结构有可靠的连接或锚固，避免地震时倒塌或坠落。

7.0.7 建筑附属机电设备支架应有足够刚度和强度，与建筑结构应有可靠的连接和锚固。在遭遇罕遇地震影响时，根据楼层加速度验算设备不倒。

7.0.8 非结构构件的其它要求应符合国家现行有关标准的规定。

8 生产制作

8.1 台座和模具

8.1.1 台座应具有足够的承载力、刚度和稳定性。台座的形式可根据生产工艺要求确定，台座的台面应光滑平整。

8.1.2 模具宜选用钢材制作，所用材料应符合现行国家标准的有关规定。

8.1.3 模具应具有足够的承载力、刚度和平整度，模具安装应确保各连接点稳固牢靠。

8.1.4 模具的设计应满足合理的拆模工艺，并便于锚筋等能直接伸出，以保证部品边缘构造符合质量标准。模具尺寸的允许偏差应符合表 A.0.1 的规定

8.2 原材料

8.2.1 制作部品的钢筋、水泥、砂、石、水、保温材料、装饰材料、灌浆材料

和外加剂等应符合现行国家标准的有关规定。

8.2.2 原材料进厂必须进行复试检验，检验合格后方可使用。

8.2.3 原材料应按照品种、规格分别存放，并有防混、防潮和防变质措施。

8.3 生产制作

8.3.1 制作部品的场地应平整坚实，宜在厂房内制作，并有排水措施。

8.3.2 涂刷隔离剂前，台座表面和模具必须清理干净。涂刷隔离剂要均匀，不得漏刷或积存。

8.3.3 部品的装饰层、粘贴层和结构层在生产制作之前，必须有完整的操作工艺设计。

8.3.4 部品混凝土的运输、浇筑和振捣，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）的有关规定。

8.3.5 部品成型后，必须及时进行保湿养护。需要蒸汽养护的部品，应满足蒸汽养护制度的要求。

8.3.6 部品脱模起吊时，混凝土强度必须符合设计要求。当设计无需求时，不得低于同条件养护的混凝土设计强度等级值的 75%，部品吊装时吊索与水平线的夹角不宜小于 60°。

8.3.7 部品起吊前，应确认部品与模具间的连接部分完全拆除后方可起吊。

8.3.8 当室外日平均气温低于+5℃时，不应进行部品的生产制作。如须生产制作可在厂房内进行，要求环境温度不得低于+5℃。

8.3.9 钢筋负温焊接，可采用闪光对焊、电弧焊和电渣压力焊等焊接方法。当环境温度低于-20℃时，不宜进行施焊。

8.4 质量验收

8.4.1 部品应进行结构性能检验。结构性能检验不合格的部品不得使用。

8.4.2 部品的质量应符合现行的国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）的规定。部品的验收应符合下列规定：

- 1、部品不得有影响结构性能或安装使用的外观缺陷；
- 2、部品应具有合格证，部品上应有合格标记；

3、部品尺寸的允许偏差应符合表 A.0.2 的规定。

8.4.3 部品在生产工序中，当发现非结构性构件损伤时，应立即进行修补。

8.4.4 模具应设专人维修管理，并建立不定期维修和定期大修的制度。模具应按下列规定进行检验：

- 1、新制作或大修后的模具，必须逐件（套）检查验收，并做好检查记录；
- 2、连续周转使用的模具，每班应抽查 1~2 件（套）。

8.4.5 部品起吊前应先检查下列项目：

- 1、侧模板是否全部打开或拆除；
- 2、检查预留孔洞的深度及垂直度，检查灌浆孔是否畅通；
- 3、检查部品端部各种线管出入口端的位置是否准确；
- 4、检查吊环预埋件的位置是否准确。

8.4.6 质量验收应按同一品种、同一班的部品组划分检验批。在同一检验批内，应抽查部品数量的 10%；连续生产的部品，应按生产数量抽查 3%，但均不应少于 3 件。

9 运输和存放

9.1 运输

9.1.1 部品的运输次序应由生产商、运输承担方、施工方共同商议确定，应保证施工现场供货及时。

9.1.2 部品运输应符合下列规定：

- 1、部品运输宜选用底平板车，车上应设有专用架，且有可靠的稳定措施。
- 2、部品运输时的混凝土强度，当设计无具体规定时，不得低于同条件养护的混凝土设计强度等级值的 75%。
- 3、部品支承的位置和方法，应根据其受力情况设计确定，不得引起混凝土的超应力或损伤；
- 4、部品装运时应连接牢固，防止移动或倾倒；对部品边缘或与链索接触处应采用衬垫加以保护；
- 5、运输部品时，车起动应慢，车速平稳，转弯或错车时要减速。

9.2 存放

9.2.1 部品存放应符合下列规定：

1、叠合板、叠合梁、内墙板、楼梯、阳台等部分宜采用平放，吊环应向上，部品标记应向外。各层垫木的位置应在同一垂线上，叠放层数不宜超过 6 层；

2、外墙板应采用立放，立放应采用专用支架插放或靠放。采用靠放时，应对称靠放，外饰面朝外，倾斜度保持在 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 之间，对构造防水空腔、滴水线、门窗洞口、部品边缘应注意保护；

3、部品存放时，应按吊装顺序和部品型号分区配套存放，存放位置应在起重机工作范围之内。不同部品存放场地之间应设宽度 0.8m~1.2m 的通道。

9.2.2 存放部品的场地应平整坚实，并具有排水措施，存放时应保证部品与地面之间留有一定空隙。

10 安装施工

10.1 准备工作

10.1.1 应编制适合该体系的施工方案，安装工程应与水、电等工程密切配合，组织立体交叉施工。

10.1.2 安装前的准备工作应符合下列要求：

- 1、检查部品型号、数量及部品的质量；
- 2、按设计要求检查连接钢筋，其位置偏移量不得大于 $\pm 10\text{mm}$ 。并将所有预埋件及连接钢筋等调整扶直，清除表面浮浆；
- 3、预制墙板及楼板的安装表面应清理干净，并避免点支撑。

10.2 安装施工

10.2.1 部品安装时的混凝土强度，当设计无具体要求时，不得低于同条件养护的混凝土设计强度等级值的 75%。

10.2.2 安装工程的抄平放线应符合下列要求：

- 1 建筑物宜采用“内控法”放线，在建筑物的基础层根据设置的轴线控

制桩，用光学铅直仪或经纬仪进行以上各层的建筑物的控制轴线投测；

2 每栋建筑物设标准水准点 1~2 个，在首层墙、柱上确定控制水平线；

3 根据控制轴线及控制水平线依次放出建筑物的纵横轴线，依据各层控制轴线放出本层部品的细部位置线和部品控制线，在部品的细部位置线内标出编号；

4 轴线放线偏差不得超过 2mm，放线遇有连续偏差时，应考虑从建筑物中间一条轴线向两侧调整。

10.2.3 预留连接钢筋和预埋管的允许偏差应符合表 A.0.3 的规定。

10.2.4 部品的安装应符合下列要求：

1、墙板安装前就位处必须设找平垫块，并保证墙板水泥坐浆密实均匀；

2、墙板浆锚连接应符合下列要求：

1) 灌浆材料除应符合《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的规定，还应符合相关国家标准的规定；

2) 灌浆时由下部灌浆孔灌浆，以上部灌浆孔灌浆材料溢出为准。以单件部品为单位依次进行，单件部品的灌浆间歇时间不得超过灌浆材料的初凝时间；

3、楼板安装前，应坐浆后方可安装。楼板定位后严禁撬动，调整高差时，宜选用千斤顶调平器；

4、吊装部品时，起吊就位应垂直平稳，吊索与水平线的夹角不宜小于 60°，下落时缓慢就位。

10.2.5 混凝土的浇筑应符合下列要求：

1、混凝土浇筑前，基层表面必须清理干净，后浇带内的空腔应用大功率吸尘器进行清理，在混凝土浇筑之前基层及后浇带内必须用水充分湿润；

2、现浇混凝土部分的钢筋锚固及钢筋连接应满足设计要求；

3、后浇带部分及叠合部分的混凝土模板宜采用工具式的组合钢模板。

10.2.6 预制墙板和楼板安装应设置相应的支撑以保证部品安装时的稳定性。

10.2.7 预制墙板支撑的设置应符合下列要求：

1、支撑件型号和支撑间距需由计算确定，但每块墙板的支撑不得少于两个。

2、支撑点位置宜设置于墙体高度 2/3 处；

3、支撑与水平线夹角宜在 $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 之间。

10.2.8 预制楼板支撑的设计应符合下列要求：

1、安装预制楼板前，须架设装配支撑于具有承载能力的基础上；

2、最大装配支撑柱距应根据计算给出的安装支撑柱间距进行布置，每墙楼板的支撑不得少于四个。

10.2.9 部品间的接缝和后浇带，应在浇筑完成后的 2~3h 内进行刮平和清理。

10.2.10 在常温下后浇部分混凝土浇筑 12h 后，应浇水湿润养护 3d。并对后浇部分的混凝土有保水养护措施。

10.2.11 当后浇部分混凝土强度未达到设计要求时，不得吊装上一层部品。当采取可靠的加固措施后，方可吊装上层部品。

10.3 质量验收

10.3.1 施工单位应具备相应的资质、健全的施工质量管理与质量保证体系。

10.3.2 质量验收应按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，应抽查部品数量的 10%；且不应少于 3 件。

10.3.3 进入现场的部品，其强度等级、外观质量、尺寸偏差及结构性能应符合设计要求或现行国家标准的有关规定。

10.3.4 装配式结构中的接头和拼缝应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1 对承重墙的后浇部分混凝土，其强度等级应比部品混凝土强度等级提高一级；

2 对非承重墙的后浇部分混凝土或砂浆，其强度等级不应低于 C15 或 M15；

3 对于后浇部分还应采取微膨胀和早强措施，在浇筑过程中应振捣密实，并应采取必要的养护措施。

10.3.5 对外墙接缝应进行防水性能抽查，并做淋水试验。渗漏部位应进行修补。试验时，在屋檐下竖缝 1.0m 宽范围内淋水 40min，应形成水幕。对渗漏部位应进行修补。

10.3.6 部品安装的允许偏差应符合表 A.0.4 的规定。

10.3.7 已安装完毕的装配式结构，应在混凝土强度达到设计要求后，方可承受全部设计荷载。

10.3.8 当室外日平均气温低于+5℃时，如须进行部品的安装施工，应符合现行国家标准《建筑工程冬期施工规程》（JGJ 104）的有关规定。

10.4 安全管理

10.4.1 安装作业施工过程中应按照现行国家标准《建筑施工安全检查标准》（JGJ 59）的有关规定执行。

10.4.2 安装作业必须编制专项施工方案。作业前，应向操作人员进行安全技术交底，并按方案实施。

10.4.3 操作人员必须戴安全帽，系安全带，穿防滑鞋。在进行电、气焊作业时，必须有防火措施和专人看守。

10.4.4 施工作业层不得超载。作业层四周应有可靠的安全防护措施。

10.4.5 当风力超过五级或雾、雨、雪天气时，应停止部品的吊装作业。

10.5 成品保护

10.5.1 部品在运输、堆放、安装施工过程中及装配后应做好成品保护。

10.5.2 部品在运输过程中宜在构件与刚性搁置点处填塞柔性垫片。

10.5.3 现场部品堆放处 2.0m 内不应进行电焊、气焊作业。

10.5.4 外墙板饰面层可采用贴膜或用其它专业材料保护。

10.5.5 外墙板安装完毕后，门、窗框应用槽型木框保护。

10.5.6 楼梯安装后，踏步口宜铺设木条或其他覆盖形式保护。

附录 A 质量验收标准和方法

表 A. 0. 1 模具尺寸的允许偏差（mm）和检验方法

项 目		允许偏差				检验方法
		外墙板	内墙板	楼板	楼梯	
边 长		±2	±4	±6	±4	用尺量两角边取其中较大值
厚 度		±4	±4	±4	—	
连接预留孔的位置	边长方向	±2	±4	—		用尺量测纵、横两中心线位置，取其中较大值
	厚度方向	±2	±2	—		
扭 曲		4	4	6	—	四角用两根细线交叉固定，钢尺测中心点高度
翘 曲		4	4	6	—	四角固定细线，钢尺测细线到钢模边距离，取最大值
表 面 平 整		4	4	6	—	用 2m 靠尺和塞尺或水平尺量测
表 面 弯 曲		4	4	6	—	四角用两根细线交叉固定，钢尺测细线到钢模边距离
对 角 线 误 差		2	4	6	—	用尺量两个对角线尺寸，取差值
边侧向扭度		当模具高度 $H \leq 300$ 取 3.0				两角用细线固定，钢尺测中心点高度
		当模具高度 $H > 300$ 取 6.0				两角用细线固定，钢尺测中心点高度

表 A. 0. 2 部品尺寸的允许偏差（mm）和检验方法

项目		允许偏差	检验方法
长度	楼板	± 5	钢尺检查
	墙板	± 5	
	梁	± 5	
	楼梯	± 5	
	阳台	± 5	
宽度	楼板、墙板	± 8	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	梁	± 5	
	阳台	± 5	
	楼梯	± 8	
高（厚）度	楼板	+3, -5	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	墙板	0, -8	
	梁	± 5	
	楼梯	± 5	
侧向弯曲	楼板	$L/1000$ 且 ≤ 20	拉线、钢尺量最大侧向弯曲处
	墙板	$L/1500$ 且 ≤ 20	
对角线差	楼板	6	钢尺量两个对角线
	墙板	8	
	梁	6	
	阳台	6	
表面平整度	楼板、墙板	6	2m 靠尺和塞尺检查

注：1. L 为部品长度（mm）；

2. 对形状复杂或有特殊要求的部品，其尺寸偏差应符合设计要求。

表 A. 0. 3 预留连接钢筋和预埋管的允许偏差（mm）和检验方法

项	目	允许偏差	检验方法
预留连接钢筋	中心线位置	3	钢尺检查
	外露长度	+5	钢尺检查
预留连接孔中心线位置	中心线位置	3	钢尺检查
	预留连接孔长度	+10	钢尺检查
预埋管 (强弱电、智能等管线)	中心线位置	5	钢尺检查
预埋吊件	中心线位置	±15	钢尺检查
	外露长度	+15, 0	钢尺检查
预留孔洞	中心线位置	10	钢尺检查
	尺 寸	+10	钢尺检查

表 A. 0. 4 部品安装允许偏差（mm）和检验方法

项	目	允许偏差	检验方法
墙板	中心线对定位轴线的 位置	5	钢尺检查
	垂 直 度	5	经纬仪或吊线、钢尺检查
	建筑物全局度垂直度	40	
	墙板拼缝高差	±10	钢尺检查
楼板	平 整 度	10	2m 靠尺和塞尺检查
	标 高	±10	水准仪或拉线、钢尺检查
梁	中心线对定位轴线的 位置	5	钢尺检查
	梁上表面标高	0 -5	水准仪或拉线、钢尺检查
楼梯	水平位置	10	钢尺检查
	标 高	±5	水准仪或拉线、钢尺检查
阳台	水平位置	10	钢尺检查
	标 高	±5	水准仪或拉线、钢尺检查

黑龙江省地方标准

装配整体式预制混凝土剪力墙结构技术规范

条文说明

2010 哈尔滨

1 总 则

1.0.1 为了住宅建筑领域的节能减排, 大幅提高我省住宅建设质量和建筑结构耐久性能, 提升我省建筑技术水平, 全面在住房和城乡建设中大力推广应用住宅产业化, 规范编制组经国内外广泛的调查研究, 认真总结国内外预制混凝土结构设计施工经验, 在可靠科学研究和实践应用的基础上制定本规范。

住宅产业化是指用工业化生产的方式来建造住宅, 以提高住宅生产的劳动生产率, 提高住宅的整体质量, 降低成本, 降低物耗。本规范的主要内容提出了我国首创的住宅产业化的房屋建造方式, 房屋构件于工厂预制, 在施工现场进行组装, 构件工厂化制作、施工速度快、节约资源、降低工程造价, 满足广大人民群众日益增长的住房需要。节能减排是目前全世界的首要任务, 通过工厂化的生产, 建筑材料损耗减少 **60%**, 建筑节能 **65%**以上, 建造周期缩短 **70%**, 做到了房屋建造、使用的"全过程"节约能源, 最大限度地减少了对环境的不利影响, 尤其是在冬歇期漫长的北方地区可以不受季节影响而做到"全年建设", 大大提高了建设效率。住宅产业化可以全面提升我国住宅性能品质、提高住宅耐久性, 同时还可带动相关产业的升级改造, 带来巨大的后续经济和社会效益。

预制混凝土结构 (PC, Precast Concrete structure) 是实现住宅产业化最主要的实施方式, 是改变传统混凝土结构建设的革命性建设方式。根据我国特点课题组解决了住宅产业化研究一系列关键问题, 研发了适合我国国情的预制混凝土结构设计施工体系, 发明了预制混凝土结构部品经济可靠的连接方法, 设计实施了切实可行灵活便捷的部品生产和施工工法, 并将研究成果转化为生产力, 投入了实际工程应用。项目研究成果属国内首创, 其技术水平达到国际先进水平。

1.0.2 本规范属黑龙江省地方标准, 抗震设防烈度仅考虑黑龙江省的烈度分布情况。结构形式适用于预制装配整体式混凝土剪力墙结构, 含短肢剪力墙结构。对于特殊条件要求, 如施工技术、设计构造等原因, 当预制构件不便于应用时要求可部分采用预制混凝土结构和构件。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.2 本规范所称的“预制装配整体式房屋混凝土剪力墙结构”，其施工安装方式是“装配”方式，结构体系受力性能具有现浇结构相同的受力性能。

2.1.3 插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接是本规范课题组研发的一种具有自主知识产权的预制混凝土构件钢筋搭接连接方法，与国外预制混凝土结构钢筋连接方法（球墨铸铁套管）成本大大降低，连接原理为混凝土中钢筋的非接触搭接，又在搭接区域进行了螺旋约束箍筋的加强，这种连接方法经试验验证搭接性能可靠，搭接长度在《混凝土结构设计规范》规定的基础上，可以进一步缩短。

2.1.4 插销式焊接环连接是本规范课题组研发的一种具有自主知识产权的预制混凝土构件钢筋水平连接方法，采用“插销环套环”的简单方法解决了剪力墙与剪力墙之间水平连接的难题，并且施工简单，经试验验证连接性能可靠。

2.1.5~2.1.6 为了区别，将预制混凝土构件之间进行节点连接处的预制混凝土表面，称为结合面；将预制混凝土叠合构件，如叠合梁、叠合板，进行浇注混凝土的预制混凝土表面，称为叠合面。

2.1.6 部品一词见中华人民共和国国家标准《住宅部品术语》（征求意见稿）。

2.2 符号

执行中华人民共和国国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》（GB/T 50083）。

3 材料

3.0.1 ~3.0.3 混凝土和钢筋各项性能指标遵照《混凝土结构设计规范》执行，为提高结构耐久性能和保证预制构件制作、运输、吊装过程中的要求，建议最低混凝土强度等级为 C30。为满足本规范采用的插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接，钢筋宜选用搭接性能更好的变形钢筋品种。

3.0.4 水泥基灌浆材料由水泥为基本材料，适量的细骨料及加入少量的混凝土外加剂及其它材料组成的干混材料，加水拌合后具有大流动度，早强、高强、微膨

胀的性能。用于钢筋搭接连接的水泥基灌浆料与钢筋的粘结强度要求不低于 6MPa，用于结合面连接的水泥基灌浆料抗压强度不低于 70MPa，经可靠试验验证的折算标准立方体抗压强度应不低于构件混凝土强度。

3.0.5 预制混凝土构件吊环、预埋件等应采用具有良好塑性的钢材，如 HPB235 级钢筋，或采用如玻璃纤维、碳纤维增强的尼龙材料制作而成的、便于预埋的特制成品，其设计计算方法及构造要求应满足相应规范规定。

4 建筑设计

4.1 一般要求

4.1.1 住宅产业化、建筑工业化的前提基础是设计标准化，因此在建筑设计阶段即应采用标准化设计方法，在满足建筑多样性的基础上，将结构部品、建筑部品、设备部品等相关专业进行标准化设计，这样才能更好地实现制作、安装施工阶段的标准化作业，以增强建筑结构可靠性，提高劳动生产效率。

4.1.3 为体现标准的先进性，建筑节能应符合最新颁布的《黑龙江省居住建筑节能 65%设计标准》（DB23/T 1270-2008）的规定。

4.2 外墙

4.2.1~4.2.3 外墙是预制混凝土建筑的重要部位，其防水、保温效果直接影响建筑的使用性能，应因地制宜采用性能优良、耐久性强的材料和构造方法。

4.3 非承重墙

4.3.1 非承重墙设计除应满足结构、隔声及防火等建筑结构要求外，尚应满足墙上的电气及管线的埋设要求和规定。

5 结构设计

5.1 基本原则

5.1.1 根据国内外的研究成果，当预制构件及其连接的承载力与构造符合本规范要求时，其整体计算分析可按现浇混凝土结构同样方法进行。

5.1.2~5.1.3 竖向荷载、风荷载、地震作用及其效应组合，按现行相关国家标

准执行。

5.1.4 对于装配整体式预制混凝土剪力墙结构，建议采用可考虑空间协同工作的有限元模型进行结构整体分析；对体型复杂的结构，应采用至少两个结构分析软件进行校核计算。

5.1.5 当采取了必要的构造措施保证后，结构整体抗震、抗风分析时可认为叠合楼板平面内为无限刚性。

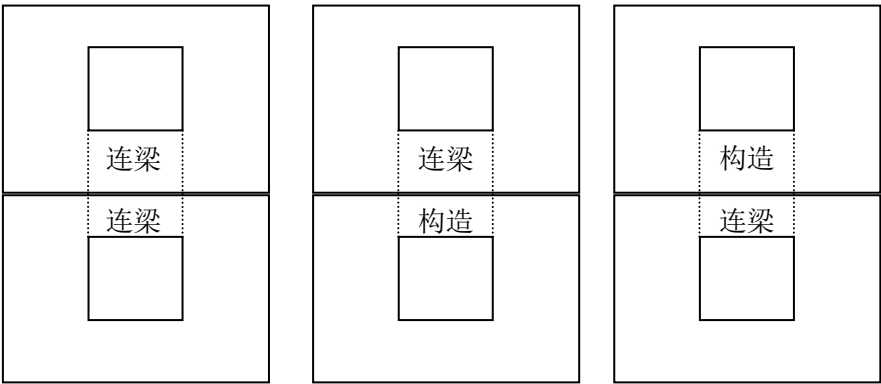
5.2 结构分析

5.2.1 装配整体式预制混凝土剪力墙结构的最大适用高度是参照《高层建筑混凝土结构技术规程》中的规定。结构形式适用于全部落地剪力墙结构，其中包含短肢剪力墙结构。

5.2.2 建筑抗震设防类别的划分应符合国家标准规定。

5.2.3 由于预制剪力墙与楼板部分没有连接，故剪力墙连梁的刚度不考虑楼面翼缘的增强作用；

对于预制混凝土剪力墙结构中，由于结构拆分的原因而形成的双连梁，该连梁的处理有以下三种形式可以选择：



5.3 构件设计一般规定

5.3.1 为便于标准化生产、吊装、运输和就位，本条规定了预制构件的具体拆分原则，是装配整体式预制混凝土结构与现浇混凝土结构的主要区别。

5.3.2 预制构件的连接应采取本规范第 6 章规定的构造措施，使装配后构件的刚度、承载力、恢复力特性、耐久性以及耐火性等类同于现浇混凝土构件，因为预制构件的连接是保证预制混凝土结构性能的关键。

5.3.3~5.3.4 预制构件在施工阶段和使用阶段各种不利组合作用下，应进行承载力、裂缝宽度及挠度的验算。地震作用效应和其他荷载效应的基本组合应按现

行国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011)的有关规定采用。

5.4 预制剪力墙~5.5 叠合梁、叠合板、预制楼梯

基本构件的设计方法,在满足本规范第6章规定的构造措施情况下,预制剪力墙的截面配筋设计、构造措施均与现浇混凝土构件相同,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011)的有关规定执行。

剪力墙构件结合面,叠合梁、叠合板、预制楼梯结合面的抗剪承载力验算应符合本规范的有关规定。

6 连接与构造

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.2 为适应产业化的生产建造方式,预制混凝土结构构件间钢筋连接可采用搭接连接、焊接连接和机械连接。

6.1.3 规定了预制混凝土叠合板的最小构造厚度等要求。

6.2 钢筋锚固、搭接连接

6.2.1 本规范所采用的预制混凝土结构构件受力钢筋之间的插入式预留孔灌浆钢筋锚固、搭接连接为具有自主知识产权的核心关键技术。同时规定了其他相应构造要求和应用范围。

6.2.2~6.2.3 插入式预留孔灌浆的普通钢筋锚固长度计算及构造要求应满足混凝土结构设计规范相应要求。

6.2.4~6.2.6 预制混凝土结构构件,当纵向钢筋采用插入式预留孔灌浆搭接连接时,属于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为100%的情况,按照混凝土结构设计规范,搭接长度 $l_l=\zeta l_a$,其中受拉钢筋搭接长度修正系数 $\zeta=1.6$ 。

插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接操作简单,只是通过简单的预留孔洞、现场插入和简单的灌浆过程,省去了钢筋焊接或连接套筒等复杂方式,并且钢筋连接性能可靠,因此适合于住宅产业化预制混凝土结构的施工建造特点。这种钢筋连接方法,经过了规范课题组的下列试验验证:

一、插入式预留孔灌浆钢筋基本锚固性能试验研究

通过 81 个试件的钢筋锚固试验,对参数进行选择,进行拉拔试验,获得了大量的一手数据:屈服力、极限力、加载段伸长量和自由端滑移量,以及最终破坏形态,找到了钢筋直径、混凝土强度、螺旋箍筋间距等因素对锚固长度的影响规律,为确定这种钢筋搭接长度提供理论和试验基础。锚固长度可减小为 $0.8l_a$;

二、插入式预留孔灌浆钢筋的搭接连接性能研究

通过 108 个试件的钢筋搭接连接试验,考虑了不同钢筋直径、混凝土强度、搭接长度等因素,规范要求搭接长度可折减 20%~70%,0.5 倍搭接长度以上即可满足预期目的,建议搭接长度为锚固长度。

三、预制混凝土剪力墙抗弯性能试验研究

预制混凝土剪力墙抗弯性能试验研究表明,预制混凝土剪力墙受弯破坏形态与现浇相同,受压区混凝土被压碎,受拉钢筋屈曲。采用 $31.5d$ 的搭接长度满足实际要求,且有足够的安全储备。有良好的强度、刚度、耗能能力及延性性能,墙片在达到极限荷载以后仍能承受一定的荷载。墙片内钢筋屈服时,钢筋混凝土之间的粘结性能未发生破坏,有足够的安全储备。

四、预制混凝土剪力墙偏压性能研究

预制混凝土剪力墙受压性能试验研究表明,计算承载力和试验承载力非常接近,说明采用规范给定的承载力计算公式对本文研究的试件进行分析是合理的,而且在达到承载力极限后,试件均未发生锚固不足的破坏,进一步证明了采用插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接的可靠性。

五、预制混凝土剪力墙足尺子结构拟静力试验、拟动力试验

以钢筋锚固、搭接试验、构件试验为基础上升至结构体系研究,采用当今世界最先进的子结构抗震性能试验方法进行了拟静力试验、拟动力试验,考察了结构整体抗震性能。根据实验室加载设备的最大试验能力,本试验研究对象为某地区十二层预制混凝土剪力墙结构,设防烈度为 7 度,抗震等级为二级。根据剪力墙结构的破坏工程经验和子结构试验原理,取底部三层为试验子结构,上部九层为计算子结构。预制混凝土剪力墙足尺子结构拟静力试验研究表明,结构具有良好的恢复力特性,在开裂以后结构刚度缓慢下降,没有刚度突变,开裂后推拉刚度比较接近,连接方式安全可靠;模型结构开裂部位发生在结构的底部弯矩最大位置,符合受力分析计算结果,说明这种结构的受力性能和普通混凝土结构相同;

结构层间位移最大为 3.2mm，处于弹性状态，层间最大位移比满足高层结构水平位移限值的要求；试验获得了滞回曲线、骨架曲线以及钢筋和混凝土应变，拟静力试验结束后结构具有很好的弹性性能；根据 PKPM 的试算结果确定了弹性状态下结构的最大适用高度，满足我国规范的“小震不坏”原则。

采用拟动力子结构试验方法，对试验模型进行试验子结构为底部三层计算子结构为上部九层的拟动力子结构试验，模拟 12 层预制混凝土剪力墙结构在地震作用下的反应，研究了该结构在地震作用下的破坏过程、破坏形态和抗震能力。

首先在对等效力控制试验方法研究的基础上，针对本文试验模型首先进行等效力控制器参数选择，然后对试验模型进行了地震动峰值加速度由小到大系统的拟动力子结构试验研究：35gal→70gal→110gal→220gal。

其中：

峰值加速度值 35 gal 为 7 度多遇地震时的峰值加速度值；

峰值加速度值 220 gal 为 7 度罕遇地震时的峰值加速度值；

峰值加速度值 70 gal 和 110 gal 为介于 7 度多遇与 7 度罕遇地震间。

采用 El-Centro (S-N) 地震动实测记录。

S-N 方向地震动峰值加速度为 341.7 cm/s^2 ，场地土属 II、III 类。

在地震动峰值加速度为 35 gal 时，结构各层间位移角均小于 1/1000，未有明显的裂缝开展和新裂缝的产生，处于基本完好阶段。

当地震动峰值加速度为 110 gal 时，各层连梁及剪力墙上开始出现大量新裂缝开展，层间位移角达到 1/376，结构进入了弹塑性阶段。

当达到 220 gal 时，各层最大层间位移角分别为 1/78、1/63 和 1/78，均大于了层间位移角限值 1/100，而试验模型未达到倒塌破坏状态。

从结构层间位移角反应可以看出，该结构可以满足我国抗震规范 7 度区的弹塑性阶段位移验算要求，符合“三水准”抗震设防目标：小震（峰值加速度为 35gal）不坏、中震（峰值加速度为 70gal 和 110gal）可修、大震（峰值加速度为 220gal）不倒。

预制混凝土剪力墙足尺子结构拟动力试验研究表明，首次采用等效力控制方法完成了预制混凝土剪力墙结构拟动力子结构试验，反应了该结构的真实的地震作用；结构采用的水平和竖向连接技术安全可靠的，能够很好的保证其在地震作

用下连接性能；给出了模型试验子结构各层滞回曲线、骨架曲线，为该类结构在地震作用下的弹塑性分析提供了依据；预制混凝土结构在地震作用下结构侧向刚度无突变，没有薄弱层产生。结构具有很好的耗能能力，和现浇结构相同的抗震性能，可以依据现行规范进行内力分析与设计；从结构层间位移角反应可以看出，该结构可以满足我国抗震规范弹塑性阶段位移验算要求，符合“三水准”抗震设防目标：小震不坏、中震可修、大震不倒。

六、预制混凝土剪力墙足尺子结构基本构件试验研究

在住宅产业化中，主要受力构件如梁、柱采用工厂化预制、现场装配式施工，其他附属构件如楼板、楼梯、阳台也尽量采用产业化的方式制造施工，可以大大提高施工速度，节约资源。在本模型试验中，包含了住宅中常见的结构构件，如楼梯、阳台、女儿墙等，在实际的组装过程中了解预制结构的施工工艺，通过对叠合板、阳台、楼梯的静载试验，考察装配式结构中基本构件的力学性能。

叠合板静载试验：叠合楼板平面尺寸为 $2850\text{mm} \times 2050\text{mm}$ ，楼板厚度 120mm ，其中预制厚 60mm ，后浇厚 60mm ，混凝土 C30。预制部分在墙体搭接 25mm 。楼板计算屈服荷载 28kN/m^2 ，加载最大为 25.5kN/m^2 ，加载过程处于弹性阶段，跨中最大挠度约 0.23mm 。加荷持荷 12 小时卸荷，持荷期间跨中挠度增加 0.045mm 。楼板的卸荷曲线也是直线段，完全卸载后楼板几乎没有残余变形。综合钢筋的应变认为在板面达到荷载设计值时，楼板依然处于弹性阶段，跨中挠度满足现行规范中构件正常使用极限状态的变形要求，即使荷载达到楼板设计屈服荷载的 90% 时，楼板底部和板边未出现裂缝，楼板钢筋应变没有达到屈服应变。

预制阳台静载试验——采用堆载施加均布荷载 预制混凝土阳台的设计尺寸为 $1400\text{mm} \times 2400\text{mm}$ ，悬挑板厚度为 150mm ，混凝土强度等级为 C30，阳台负弯矩筋采用 HRB335 级钢直径 12mm 。预制阳台静载试验——采用堆载施加均布荷载，阳台堆载试验采用分级加载的方式，直到阳台的荷载设计值 13.1kN/m^2 ，此时最大挠度值为 0.035mm ，钢筋应变最大值为 $745\mu\epsilon$ ，此时的阳台处于弹性阶段。由于栏板上拉结筋的作用，使得阳台在荷载作用下的受力模型发生改变，阳台两端的栏板类似于两道悬臂深梁，因此阳台在正常使用极限状态下的挠度远小于规范给定的要求，具有足够的安全储备。

预制楼梯静载试验,预制楼梯钢筋采用 HPB235 级钢筋,混凝土等级选用 C30。梯梁采用预制叠合梁,两端插入墙体后浇预留洞,梯段和平台连接部位露出钢筋错位搭接于梯梁的后浇叠合层。预制楼梯静载试验—梯段试验三分点加载的方式模拟均布荷载。加载 50kN 处于弹性阶段,钢筋应变较小。加载 130kN 时跨中产生一道贯通裂缝,荷载增加裂缝增加,达到极限荷载后裂缝宽度约 0.8mm,梯段支座钢筋达到屈服,底面钢筋应变很小。梯段板连接位置处在 115kN 时发现微小裂缝,荷载继续增加裂缝没有继续扩展,表明连接位置安全可靠。

预制楼梯静载试验—梯梁试验三分点加载的方式模拟均布荷载。梯梁破坏属的受弯破坏,在 160kN 时曲线发生转折,梯梁 1/4 跨位置已产生裂缝,跨中挠度约 1.3mm,继续加荷跨中应变明显大于其他位置应变,最大挠度 2.05mm,满足规范规定的受弯构件的挠度限值 $l_0/200$ 的要求。连接位置后浇部分没有较大裂缝,后浇部分连接可靠。

6.3 结合面、叠合面构造要求

6.3.1~6.3.3 预制混凝土构件之间的结合面、叠合面的连接是除钢筋连接外较为重要的部位,是实现剪力传递、保障构件及连接整体性的关键。本规范规定了结合面、叠合面增强界面抗剪连接的最低构造要求,即构件之间连接的结合面应制作设置一定尺寸的混凝土抗剪连接齿槽,预制叠合构件的叠合面上应做成具有一定粗糙程度的自然粗糙面或人工刻痕。

6.3.4 为进一步加强大跨度预制混凝土叠合板和悬挑板的整体受力性能,采用了设置伸入现浇层的界面抗剪连接钢筋的措施,并规定了最小构造要求。

6.4 节点配筋构造要求

6.4.1 预制混凝土剪力墙之间的连接节点处,竖向钢筋连接宜采用插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接,为保证构件之间的水平缝隙灌浆、座浆的密实性可靠性,水平缝隙高度不宜小于 10mm。纵筋弯折比不小于 1:10,较混凝土规范的 1:6 要求更严格。

6.4.2 预制混凝土剪力墙之间的水平钢筋连接宜在现浇连接带处采用插销式焊接环钢筋连接,水平现浇连接带宽度不应小于 200mm。“插销环套环”的钢筋连

接方法,构件制作简单、连接性能可靠。环与环亦可采用焊接连接加强连接效果。连接环钢筋、环套环之间的插筋的配筋量应不小于构件结构设计所需的水平钢筋或暗柱箍筋,以及纵向分布钢筋或暗柱纵向钢筋。

6.4.3 叠合梁与剪力墙连接处应预留梁窝,梁窝长度尺寸应满足梁纵筋锚固构造要求,厚度宜为梁宽或剪力墙厚度。

6.4.4 当预制混凝土叠合板不满足制作运输吊装等要求而需要进行分块拼接时,对于双向叠合板在跨度内拼接的情况,为了使得板底纵筋发挥受力性能,其主要受力范围内(全跨或跨中 $1/2$)的钢筋应进行可靠连接,即设置后浇带,钢筋采用焊接或机械连接之后浇注混凝土;其次要受力范围内(跨中 $1/2$ 两侧的各 $1/4$)的钢筋,应于预制板面上设置等量搭接钢筋,接缝两侧长度应各不小于 l_a ;对于单向板不应在受力跨内拼接,非受力跨度方向采用双向板非后浇带的方法连接。

6.4.5 预制混凝土楼梯结构当采用分构件预制时,楼梯梁、梯段板、平台板之间应实现整体连接性能,其关键是楼梯梁处的连接。为此,建议楼梯梁采用底部适当加宽的倒 T 形叠合梁,两侧的梯段板、平台板即可支撑于宽体楼梯梁,其外伸的钢筋又可在楼梯梁的叠合区域实现搭接锚固。

6.5 结合面承载力计算

6.5.1~6.5.4 参照中华人民共和国行业标准《装配式大板居住建筑设计和施工规程》(JGJ 1-91)中有关直剪面的抗剪承载力计算方法。直剪面抗剪承载力主要由以下三部分的承载力组成:抗剪连接齿槽抗剪、穿过直剪面的钢筋销栓作用、轴力产生的剪摩力(墙或柱时)。在满足本规范规定的结合面构造要求情况下,经实际结构内力试算和试验验证,剪力墙之间的直剪面当有轴力情况下一般能够满足抗剪要求,当不满足时建议采用加强抗剪措施,如设置钢销键等。因满足本规范规定的结合面构造要求的叠合梁梁端不存在通长直剪面,因此可不进行结合面的抗剪承载力计算。

7 非结构预制构件

7.0.1~7.0.2 围护墙、隔墙、构造洞口填充墙等非结构构件与相邻主体结构构件应有可靠的拉结,以满足抗震时构件的稳定性,以及正常使用阶段结构或构件

的不均匀沉降、温度作用等的各种变形的影响，不至于导致结合部位的开裂。预制空心混凝土墙体即可满足轻质高强的要求，又可与主体结构间的可靠拉结，在有条件的部位建议优先采用。

8 生产制作

8.1 台座和模具

8.1.2 由于钢材的强度高、刚度大，所以用钢材制作模具可以保证部品的质量。

8.1.4 主要是强调部品的边缘质量和外观质量，目的是通过规范规定，提请各生产制作单位注意。因为部品的质量取决于模具的质量，在此对模具尺寸的允许偏差和检验方法提出了要求。

8.2 原材料

8.2.2 指出对合格的原材料，仍需进行复试试验。

8.2.3 本条规定了对原材料的存放要求。

8.3 生产制作

8.3.1 为保证部品的质量，本条提出在有条件时最好在厂房内制作部品。

8.3.3 规定了操作工艺设计，目的是强调装配式构件的产品质量即外观质量、边缘质量、预埋件和孔洞的质量。以上这些除了在设计模板时应考虑外，还应在各生产制作单位的操作工艺中定出详细的规范式的操作程序，在制作、拆模起吊、堆放、运输各工序中保证构件的质量。

8.3.5 蒸汽养护分为静停、升温、恒温和降温四个阶段。当采用蒸汽养护时应符合下列要求：

1. 静停时间为混凝土全部浇捣完毕后不宜少于 2h；
2. 升温速度不得大于 15℃/h；
3. 恒温时最高温度不宜超过 55℃，恒温时间不宜少于 3h；
4. 降温速度不宜大于 10℃/h；

8.3.6~8.3.7 规定部品脱模起吊时，混凝土强度应由同条件养护试块来确定。脱模时部品如果没有达到要求的强度，可能造成部品损伤。部品脱模后起吊要与

模具脱离，保证起吊安全和避免部品损坏。

8.3.8 ~ 8.3.9 东北地区冬期施工不可避免，在此对室外日平均气温做出了规定，如果冬期生产制作部品可在厂房内进行进行，并对环境温度提出了要求。负温环境焊接钢筋不宜保证质量，应尽量避免。

8.4 质量验收

8.4.1 装配式混凝土剪力墙结构性能在一定程度上取决于预制墙体和预制楼板构件的结构性能。因此，应按《混凝土结构工程施工验收规范》(GB50204) 相关的规定对预制构件进行结构性能检验，合格后方可用于工程。

8.4.2 条文给出了部品尺寸的允许偏差和检验方法。

8.4.4 规定了对模具日常维修和定期大修的要求和检验的内容。

8.4.6 按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300) 的要求规定的。

9 运输和存放

9.1 运输

9.1.2 根据《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》，第五十四条（一）“重型、中型载货汽车，半挂车载物，高度从地面起不得超过 4.0m，载运集装箱的车辆不得超过 4.2m”。部品竖放运输高度选用低平板车，可使构件上限高度低于限高高度。

考虑了装运部品的保护措施，以免损伤部品。

9.2 存放

9.2.1 临时堆放，选择叠放，可以节约有限的现场放置点。为做到合理、有效和简单可行的多层构件叠放，规定了叠合要求和方式。

构件的分类堆放与标识，可以方便现场作业与提高工效。

9.2.2 在原文中规定“存放时应使部品与地面之间留有一空隙”，避免部品与地面直接接触和污损部品。

10 安装施工

10.1 准备工作

10.1.2 由于墙板吊装就位后，相叠部分底面无法再作清理，清理工作应在安装前进行。对于外墙板，做好底面清理可保证相叠部分的防水构造或空腔的畅通。

10.2 安装施工

10.2.2 部品轴线引测与控制，以内为主以外为辅的测量方法为原则。按照楼层纵、横向控制线和部品“十”字墨线相对应对缝控制，可以使部品与部品之间、墙板与楼面原始控制线保持吻合和对直。

为保证部品安装，吊装加工各种厚度的柔性垫块或预埋调节件，可满足部品高低调节。

10.2.4 灌浆是保证结构整体性的重要手段。采用下部灌浆孔灌浆，要求上部灌浆孔灌浆材料溢出后才能停止灌浆。另外灌浆量也是保证工程质量的重要依据。

10.2.6 部品安装就位后，必须设置临时支撑，否则容易发生倾倒、移位等事故。

10.2.7~10.2.8 墙板和楼板安装时，按计算结果布置支撑，支撑体系可采用钢管排架、单支顶或门架式支撑等。支撑体系拆除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）底模拆除时的混凝土强度要求。

10.2.10~10.2.11 对后浇部分混凝土的养护要求。

10.3 质量验收

10.3.1~10.3.2 按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300）的要求规定的。

10.3.3 部品作为产品，进入施工现场时，应按检验批检查合格证件，以保证其强度等级、外观质量、尺寸偏差和结构性能符合要求。

10.3.4 本条对后浇部分混凝土的填充材料及其浇筑、养护提出了要求。

10.3.5 对外墙板缝的淋水试验，有人建议考虑风压，完全模拟当地大风雨气象条件，但在工地模拟大风较困难。鉴于施工现场较难控制降雨强度及风力影响，且现场淋水试验仅属于检验性，故提出简单易行的试验方法。

各单位可按具体建筑物的特点、当地气象条件，在对比试验的基础上不断总结，使淋水试验方法不断完善。

10.3.8 东北地区冬期施工不可避免，如果进行部品的安装施工，应按现行国家标准《建筑工程冬期施工规程》（JGJ 104）的有关规定执行。

10.4 安全管理

10.4.4 施工楼层围护高度不应低于 1.8m，超过安全操作高度，作业人员必须佩戴穿芯自锁式安全带。

10.4.5 规定吊装操作不得运行的恶劣气候，必须停止吊装作业。

10.5 成品保护

10.5.1 在现场做好各施工阶段的成品保护，是工程通过施工验收的基础。

10.5.2 提出了构件运输和进入现场的保护要求，运输过程中，在构件与刚性搁置点处，填塞柔性垫片，是为了防止运输车辆颠簸对部品造成破坏。

10.5.3 为避免对堆放的部品可能产生破坏，提出了现场电焊、气焊施工作业区域对部品的防损坏要求。

10.5.4 构件饰面砖保护应选用无褪色或污染的材料，以防揭纸（膜）后，饰面砖表面被污染。

10.5.5 外墙板安装就位后至验收交付，外墙板门、窗等使用装饰成品部位应作覆盖保护。

10.5.6 为避免楼层内后续施工时，行走及运输楼梯通道的楼梯碰磕，踏步口要有牢固可行的保护措施。

附录 A 质量验收标准和方法

表 A.0.2 本表给出了部品尺寸的允许偏差及检验方法。尺寸偏差的检验方法可采取本表提供的方法，也可采用其他方法和相应的检测工具。

为保证工程质量，对楼板的侧向弯曲的允许偏差由国家标准的 $L/750$ ，修改为 $L/1000$ ；对墙板的允许偏差由国家标准的 $L/1000$ ，修改为 $L/1500$ 。