

# DB21

## 辽宁省地方标准

DB21/T1868-2010

J11792-2011

---

### 装配整体式混凝土结构技术规程(暂行)

Technical Specifications for precast concrete structures  
(Trial)

2010-12-31 发布

2011-02-01 实施

---

辽宁省住房和城乡建设厅  
辽宁省质量技术监督局

联合发布



辽宁省地方标准

# 装配整体式混凝土结构技术规程(暂行)

Technical specifications for precast concrete  
structures (Trial)

DB21/T1868-2010

主编部门：沈阳市城乡建设委员会

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

施行日期：2011年2月1日

2011 沈阳

# 前 言

为了转变经济发展方式、促进产业升级、推进现代建筑产业化发展，沈阳市城乡建设委员会组织沈阳建筑大学等单位组织编写了《装配整体式混凝土结构技术规程(暂行)》。装配整体式混凝土结构是预制混凝土构件通过连接部位连接，组装成的具有可靠传力和承载要求的混凝土结构，其优点在于工厂化生产、标准化作业、生产环境稳定、不受天气影响、质量保证率高，符合国家节能减排和建筑工业化的发展战略。

本规程编写组认真研究了日本装配整体式混凝土结构技术，总结了国内装配整体式混凝土结构经验教训和相关技术标准、论文、试验成果，本着消化、吸收、创新的原则，经编制组充分讨论和广泛征求设计、施工、监理、建设单位意见的基础上制定本规程。

本规程主要包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、建筑与节能设计、结构设计、施工安装、工程验收。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅归口管理，由沈阳建筑大学负责技术解释。在实施本规程过程中，若发现有需要修改或补充之处，请将意见寄至沈阳建筑大学（沈阳市浑南新区浑南东路9号，邮编110168，联系电话：024-24692223），以便今后修改。

主编部门：沈阳市城乡建设委员会

主编单位：沈阳建筑大学

沈阳兆寰现代建筑产业园有限公司

参编单位：中国建筑东北设计研究院

沈阳市建筑研究院

沈阳市建筑设计院

沈阳市建设工程施工图设计审查咨询中心

沈阳市建设工程质量监督站

龙信建设集团有限公司

中国建筑一局（集团）有限公司

辽宁省建筑设计研究院

沈阳市建筑工程质量检测中心

沈阳市建筑节能墙体材料改革管理办公室

沈阳欧亚土木设计咨询有限公司

美施威尔有限公司

辽宁城市建设职业技术学院

辽宁省建设科学研究院

沈阳国际工程咨询中心

主要起草人：孙晓光 刘明 郭学明 居理宏 刘德良 刘海成 佟咸豪 李庆钢 李爱国 张巨松 张德海

康立中 黄 堃 梁燕枫 刘瑛 陆靖 陈伟新 何振文 汪红梅 王珏 吕青 王斌 赵敏 于长江

应力 刘新强

主要技术审查单位：中国建筑设计研究院（集团）

中国建筑标准设计研究院

主要技术审查人：顾泰昌 徐有邻 李晓明 孙国锋 李宏男 蒋勤俭 郭 晟

# 目 次

1 总 则.....	1
2 术语、符号.....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 主要符号 .....	2
3 材料.....	6
3.1 混凝土与灌浆材料 .....	6
3.2 钢筋及钢材 .....	6
3.3 连接材料 .....	6
3.4 外装饰材料 .....	7
3.5 其他材料 .....	8
4 建筑与节能设计.....	9
4.1 一般规定 .....	9
4.2 建筑平面设计 .....	9
4.3 外墙板与内隔墙 .....	9
4.4 内装修与设备管线设计.....	10
4.5 建筑节能设计 .....	10
4.6 建筑构造设计 .....	10
5 结构设计.....	11
5.1 一般规定 .....	11
5.2 结构分析 .....	12
5.3 装配整体式混凝土结构拆分设计.....	13
5.4 连接部位设计 .....	13
5.5 构造要求 .....	17
6 施工安装.....	22
6.1 一般规定 .....	22
6.2 安装准备 .....	22
6.3 安装施工 .....	22
6.4 质量检验 .....	23
6.5 安全与环境保护 .....	23
7 工程验收.....	24
7.1 结构实体检验 .....	24
7.2 子分部验收 .....	24
附录 A 灌浆材料性能指标要求.....	26
附录 B 套管连接的单体试验方法及判定标准 .....	27
附录 C 非金属连接件性能指标 .....	29
附录 D 预制混凝土构件生产企业基本条件 .....	30
附录 E 灌浆质量控制方法 .....	31
附录 F 连接部位的检验方法和评定标准 .....	32
附录 G 预制混凝土构件的安装允许偏差 .....	32

附录H 安装后质量检查方法和判定标准.....	32
引用标准名录.....	33
本规程用词用语说明.....	34
条文说明.....	35
1 总 则.....	36
2 术语和符号.....	36
3 材料.....	38
3.1 混凝土与灌浆材料.....	38
3.2 钢筋及钢材.....	38
3.3 连接材料.....	38
4 建筑与节能设计.....	39
4.1 一般规定.....	39
4.2 建筑平面设计.....	39
4.4 内装修与设备管线设计.....	39
5 结构设计.....	40
5.1 一般规定.....	40
5.3 装配整体式混凝土结构拆分设计.....	40
5.4 连接部位设计.....	40
5.5 构造要求.....	43
6 安装与施工.....	46
6.1 一般规定.....	46
6.3 安装施工.....	46
6.4 质量检验.....	47
7 工程验收.....	48
7.1 结构实体检验.....	48
7.2 子分部验收.....	48

# Contents

1	General Principles	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Materials	6
3.1	Concrete and Grouting material	6
3.2	Steel and Reinforcement	6
3.3	Connector	6
3.4	Decoration Materials	7
3.5	Others Materials	8
4	Architectural Design and Energy Efficiency	9
4.1	General	9
4.2	Plan Design	9
4.3	Facade and Interior Design	9
4.4	Decoration and Pipeline Design	10
4.5	Energy Efficiency	10
4.6	Constuction Design	10
5	Structural Design	11
5.1	General	11
5.2	Structural Analysis	12
5.3	Structural separation principle	13
5.4	Joines Design	13
5.5	Connection detailing	17
6	Eraction of Components	22
6.1	General	22
6.2	Preparation for Eraction	22
6.3	Construction	22
6.4	Quality Control	23
6.5	Construction Safety and Environmental Protection	23
7	Acceptance	24
7.1	Inspection of structural	24

7.2 Acceptance of Subwork	24
Appendix A	26
Appendix B	27
Appendix C	29
Appendix D	30
Appendix E	31
Appendix F	32
Appendix G	32
Appendix H	32
List of Quoted Standard	33
Explanation of Wording in This Specification	34
Addition:Explanation of Provisions	35

# 1 总 则

1.0.1 为推广应用装配整体式混凝土结构技术，做到安全适用，技术先进，经济合理，保护环境，提升辽宁省的建筑工业化水平，确保工程质量，制定本规程（暂行）。

1.0.2 本规程适用于非地震区和抗震设防烈度为 6-8 度地区的装配整体式混凝土结构，主要包括预制混凝土构件在工厂制作、现场安装的装配整体式混凝土框架结构、装配整体式混凝土框架-核心筒、装配整体式混凝土密柱框架筒、装配整体式混凝土筒中筒结构。

1.0.3 装配整体式混凝土结构的设计、施工和验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011、《混凝土结构设计规范》GB50010 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 等有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 预制混凝土构件 precast concrete components

在工厂或施工现场预制的混凝土构件。

#### 2.1.2 连接部位 joint

预制混凝土构件之间连接的区域。

#### 2.1.3 装配整体式混凝土结构 Structure assembled precast and cast-in-situ

预制混凝土构件通过连接部位的后浇混凝土、浆锚或叠合方式，组装成具有可靠传力和承载要求的结构，称装配整体式混凝土结构。主要包括装配整体式混凝土框架结构、装配整体式混凝土框架-核心筒、装配整体式混凝土密柱框架筒、装配整体式混凝土筒中筒结构。

#### 2.1.4 预制混凝土夹心保温构件 precast component filled with insulation

在外墙板的内叶墙、梁和柱与外保护板之间填充保温材料构成的构件，称为预制混凝土夹心保温构件。主要包括预制混凝土夹心保温外墙板、预制混凝土夹心保温梁和预制混凝土夹心保温柱。

#### 2.1.5 抗剪粗糙面 exposed aggregate concrete

为增强预制混凝土构件与后浇混凝土的共同工作能力，构件连接界面采用化学或机械方法处理而成的传递剪力的粗糙表面。

#### 2.1.6 套管连接 pipe casing connection

连接部位的钢筋通过套管灌浆方式实现钢筋连续可靠传力的连接。

#### 2.1.7 间接搭接 indirect lap

连接部位搭接的钢筋之间，通过后浇混凝土或灌浆方式实现钢筋连续可靠传力的连接方式。

#### 2.1.8 预制混凝土夹心保温构件的连接件 connector/tie of precast component filled with insulation

连接外墙板的内叶墙板、梁、柱和外叶墙板的配件，主要有抗拉和抗剪两种。

### 2.2 主要符号

#### 2.2.1 材料性能

$f_y$  — 为钢筋屈服强度设计值；

$f_c$  — 混凝土抗压强度；

$f_{yk}$  — 钢筋屈服强度标准值；

$f_{ck}, f_c$  — 混凝土强度标准值和设计值；

$f_{yk1}, f_{yk2}$  — 分别为梁和楼板钢筋强度标准值；

$\varepsilon_{yk}$  — 钢筋应力为屈服强度标准值时的应变；

$\varepsilon_y^t$  — 套管连接的屈服应变

$\varepsilon_u^t$  — 套管连接的极限应变

$\varepsilon_s^t$  — 套管连接的应变

$E_0$  — 钢筋的屈服强度的 70% 应力下的钢筋的割线刚度

$f_b$  — 钢筋的极限强度

$f_b^t$  — 套管连接的抗拉强度

$\delta_s^t$  — 套管连接的伸长量

$\tau_{R(SP)}$  — 接合面的抗剪强度设计值；

$\tau_{RU}$  — 水平接合面抗剪强度；

$\tau_{SU}$  — 水平接合面剪应力；

$\tau_s$  — 接合面的剪应力设计值；

$\tau_{sk}$  — 水平接合面剪应力标准值；

$\tau_{Rk}$  — 水平接合面抗剪强度标准值；

$\tau_R$  — 水平接合面抗剪强度设计值；

## 2.2.2 作用、作用效应及承载力

$F_A$  — 钢筋最大拉力；

$M$  — 有地震作用或风荷载效应组合时梁端弯矩设计值；

$N_k, N$  — 分别为剪切面的压力标准值和设计值；

$V$  — 验算截面（1m 板宽）的剪力设计值；

$V_{sk}$  — 竖向荷载和其他可变荷载的标准组合下竖向接合面剪力标准值；

$V_{Rk}$  — 竖向接合面抗剪承载力标准值；

$V_{RK(co)}$  — 叠合层混凝土抗剪承载力标准值；

$V_{SU}$  — 竖向接合面剪力。

$V_{RU}$  — 竖向接合面抗剪承载力。

$Q_{sk}$  — 竖向荷载和其它可变荷载作用下梁端剪力标准值；

### 2.2.3 几何参数

$A_{D_o}$  —单根销栓钢筋面积；

$A_{K_1}$  ——剪力键凸出部的承压面积；

$A_{K_2}'$  —接合面最上面和最下面可能发生受拉破坏的剪力键的根部剪切面积之和；

$A_{K_2}''$  —其余各剪力键根部的剪切面积之和；

$A_s$  —钢筋面积；

$a_{ss}$  —叠合层混凝土截面面积；

$a_{st}, a_{ss}$  —分别为水平接合面以上梁主筋和有效翼缘宽度范围内板钢筋的面积；

$b$  —梁宽；

$b_c$  —水平接合面的宽度；

$C$  —主筋混凝土保护层厚度；

$d_b$  —主筋直径；

$d_s$  —核心区箍筋直径；

$h_0$  —梁有效高度；

$I$  —截面惯性矩  $j$  —钢筋合力中心之间的距离；

$k$  —预制板伸入梁内的长度；

$n_d$  —销栓钢筋根数；

$p_s$  —单位面积内横穿接合面的钢筋面积；

$S_y$  —水平接合面以上部分截面对形心的面积矩；

$t_1$  —预制板厚；

$t_2$  —叠合板厚；

$\Delta l$  —梁端至竖向荷载作用下反弯点的距离；

$\Delta T$  —在  $\Delta l$  范围内水平接合面以上的受拉钢筋拉力的变化量；

$\Delta T_U$  —在  $\Delta l$  范围内水平接合面以上的受拉钢筋拉力的变化量；

### 2.2.4 计算系数及其他

$\alpha$  —剪力键验算的承压系数；

$k_c$  —混凝土保护层厚度修正系数；

$k_j$ —纵筋力臂修正系数；

$k_d$ —纵筋直锚长度修正系数；

$k_s$ —核心区箍筋直径修正系数。

## 3 材料

### 3.1 混凝土与灌浆材料

3.1.1 预制混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C30，预应力构件的混凝土强度等级不宜低于 C40，也不宜高于 C80。

3.1.2 混凝土的各项力学性能指标和耐久性性能指标应符合现行国家《混凝土结构设计规范》GB50010 的各项规定。混凝土的原材料应符合国家现行相关标准的要求的规定。

3.1.3 灌浆材料的性能应满足《水泥基灌浆材料》JC/T986 的要求，尚应符合附录 A 规定。

### 3.2 钢筋及钢材

3.2.1 热轧带肋钢筋和热轧光圆钢筋应符合《钢筋混凝土用钢》GB1499.1 的规定。

3.2.2 装配整体式混凝土结构采用钢材的各项计算指标应符合《钢结构设计规范》GB50017 的规定。

3.2.3 有抗震设防要求的装配整体式混凝土结构的梁、柱、墙、支撑中的受力钢筋应根据结构设计对钢筋强度、延性、连接方式及施工适应性等要求，选用下列牌号的钢筋：

- 1 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 级钢筋；
- 2 预应力钢筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋；
- 3 箍筋宜采用 HPB300、HRB400、HRB500 级钢筋。

3.2.4 钢材宜采用 Q235 等级 B、C、D 的碳素结构钢及 Q345 等级 B、C、D、E 的低合金高强度结构钢；当有可靠依据时，尚可采用其他钢种和钢号。

3.2.5 预应力混凝土采用的钢材应符合《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065、《预应力混凝土用钢丝》GB/T 52233 和《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的要求。

3.2.6 当预制混凝土构件中采用钢筋焊接网片配筋时，材料及应用应符合现行国家《钢筋混凝土用钢筋焊接网》GB/T 1499.3 的要求。

3.2.7 预制混凝土构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 钢筋制作。预制构件吊装用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应根据相应的产品标准和应用技术规定选用。

### 3.3 连接材料

3.3.1 连接部位的钢筋连接可采用套管连接、间接搭接、机械连接或钢筋焊接等。套管灌浆连接钢筋直径不宜大于 30mm；间接搭接不宜大于 28mm；机械连接不宜小于 16mm；焊接连接不宜大于 28mm。

3.3.2 套管连接用套管力学性能应符合下列规定：

- 1 抗拉强度不应小于 450MPa；
- 2 伸长率不应小于 2%；
- 3 套管一端采用机械（钢筋螺纹）连接部分的精度应符合 GB/T197 规定的 6 级精度要求。

3.3.3 套管连接等级分为 SA、A、B 和 C 级 4 级，见表 3.3.3；套管连接单体试验方法见附录 B 中表 C.0.1；套管连接单体试验判定标准见附录 B 中表 C.0.2。

表 3.3.3 套管连接的等级

等级	性能要求
SA 级套管连接	强度、刚度、延性等大体与钢筋相同的套管连接
A 级套管连接	强度与刚度与钢筋相同，其他方面比钢筋稍差的套管连接
B 级套管连接	强度与钢筋大体相同，其他方面比钢筋稍差的套管连接
C 级套管连接	强度、刚度等比钢筋差的套管连接

3.3.4 钢材以及钢材与钢筋之间的焊接材料应符合下列要求：

1 手工焊接用焊条的质量，应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 或《低合金钢焊条》GB/T5118 的规定。选用的焊条型号应与主体金属相匹配；

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

3 锚筋（HRB400 级钢筋）与锚板（Q235-B 级钢）之间的焊接，可采用 T50X 型；Q235-B 级钢之间的焊接可采用 T42 型。

4 钢筋焊接采用的焊条、焊剂应符合《碳钢焊条》GB/T 5117 的规定。选择的焊条型号应与所焊钢筋的力学性能相适应。

3.3.5 钢材螺栓连接的材料应符合下列要求：

1 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓——A 和 B 级》GB5782 和《六角头螺栓——C 级》GB5780 的规定；

2 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q345 钢；

3 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》GB/T1228~1231 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB3632~3633 的规定；

4 螺栓连接的强度设计值、高强度螺栓的设计预拉力值、高强度螺栓连接的钢材摩擦面抗滑移系数值等，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定采用。

3.3.6 预制混凝土夹心保温外墙板中内外叶墙体的连接件可选用金属连接件和非金属连接件，当采用非金属连接件时，其性能指标宜符合附录 C 要求；当采用金属连接件时，应采取可靠的防腐和隔热措施。

### 3.4 外装饰材料

3.4.1 石材和面砖等外装饰材料的质量应符合国家现行相关标准要求。

3.4.2 石材和面砖应按照构件设计图编号、品种、规格、颜色、尺寸等分类标识存放。

3.4.3 面砖背面应设计成燕尾槽，燕尾槽尺寸应符合相关标准要求。

3.4.4 当采用石材饰面时，厚度 25mm 以上的石材应对石材背面进行处理，并安装不锈钢卡件，卡件应于混凝土板可靠连接，直径不宜小于 4mm。卡件宜采用竖向梅花形布置，卡件的规格、位置、数量应根据计算确定，卡件计算时应考虑构件吊装动力系数。

3.4.5 其他外装饰材料应符合相关标准规定。

### 3.5 其他材料

3.5.1 预制混凝土外墙板接缝所用的防水密封材料应选用耐候性密封胶，密封胶应与混凝土具有相容性，并具有低温柔性、防霉性及耐水性等性能。其最大伸缩变形量、剪切变形性等均应满足设计要求。其性能应满足《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T881 的规定。

3.5.2 当选用硅酮类密封胶时，应满足现行国家标准《硅酮建筑密封胶》GB/T14683 的要求。接缝中的背衬应采用发泡氯丁橡胶，或聚乙烯塑料棒。

3.5.3 预制混凝土外墙板可采用涂料饰面，也可采用面砖或石材饰面。当采用石材饰面时，厚度 25mm 以上的石材宜对石材背面进行处理，并安装不锈钢卡勾；卡勾应采用不锈钢制作，直径不应小于 4mm。

3.5.4 预制混凝土夹心保温构件的保温材料，宜采用挤塑聚苯乙烯板（XPS）、硬泡聚氨酯（PUR）等轻质高效保温材料。保温材料应符合现行国家及地方有关技术标准的要求。

## 4 建筑与节能设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 装配整体式混凝土结构的建筑设计应符合现行国家建筑设计标准规范的要求，并应采用标准化、系列化设计方法，充分考虑构配件的工业化、标准化、模数化，并编制设计、制作和施工安装成套设计文件。

4.1.2 在前期规划与方案设计阶段，各专业应充分配合，结合建筑功能与造型，确定建筑各部位的构配件。各类构配件的规格与类型、室内装修方案与设备管线布置等，应符合建设标准和功能的需求，并使主要功能空间具有灵活性、可变性。

4.1.3 设计中应遵守模数协调的原则，做到建筑与构件模数协调，以及构件之间的模数协调和构件的集成化和工业化生产，实现土建与装修在模数协调原则下的一体化。

4.1.4 装配整体式混凝土结构的建筑设计文件应完整，预制混凝土构件制作图应全面准确反映预制混凝土构件的规格、类型、尺寸、连接方式、预埋件、预埋设备管线。

### 4.2 建筑平面设计

4.2.1 装配整体式混凝土结构的平面布置宜简单、规则，应考虑柱上下对应贯通，突出与挑出部分不宜过大。平面体型应符合建筑功能及结构设计要求。

4.2.2 装配整体式混凝土结构的平面设计应充分考虑设备管线与结构的关系，以及住宅厨房与卫生间平面功能分区。住宅厨房、卫生间，符合建筑模数要求，上下宜相邻布置，便于集中设置竖向管线、竖向通风道或机械通风装置，宜优先采用标准化的预制盒子卫生间（整体卫浴）及标准化的厨房整体橱柜。

### 4.3 外墙板与内隔墙

4.3.1 预制混凝土外墙板及内隔墙与主体结构应有可靠的连结，并宜采用柔性连接。

4.3.2 预制混凝土外墙装饰构件宜结合外墙板整体设计，外墙饰面(含保温层)宜在构件厂完成。预制混凝土外墙板与独立装饰构件、配件的连接（如门、窗、管线支架等）应牢固可靠，并应满足热工设计的要求。

4.3.3 预制混凝土外墙板的设计应符合下列要求：

- 1 外墙板的设计应满足墙体稳定和安全防护的要求
- 2 设计应充分考虑其制作工艺、运输及施工安装的可行性。
- 3 饰面应考虑外立面分格、饰面颜色与材料质感等细部设计要求。

4 接缝部位、门窗洞口等构配件组装部位的构造设计及材料的选用应满足各类建筑的物理、力学、耐久及装饰性能的要求。根据不同部位接缝特点选用构造防水、材料防水或二者相结合的防排水系统。

- 5 独立装饰构件与预制混凝土外墙板应可靠连接，并应满足热工设计的要求。

4.3.4 装配整体式混凝土结构内隔墙系统应满足保温、隔热、隔声、防水、防火和防盗安全等技术性能及室内装修的要求。

4.3.5 预制混凝土内隔墙板与配件的连接（如热水器、脱排油烟机附墙管道、管线支架、卫生设备等）应牢固可靠，用作地震区的内隔墙板应加强与主体结构的连接。

## 4.4 内装修与设备管线设计

- 4.4.1 装配整体式混凝土结构的室内装修的主要标准构配件宜以工厂化生产为主，并宜采用工业化构配件（构件）来组装，实现室内装修（填充体）和管道设备与主体结构（支撑体）的分离。
- 4.4.2 室内装修所采用的构配件、饰面材料，应结合房间使用功能要求采用耐久、防水、防火、防腐及环保材料与做法。
- 4.4.3 装配整体式混凝土结构的装修材料和设备的固定，应在预制混凝土构件允许范围内安装管卡等受力件，宜采用膨胀螺栓、自攻螺丝、钉接、粘结固定法。
- 4.4.4 装配整体式混凝土结构应选用符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（GB50325）和《建筑内部装修设计防火规范》（GB 50222）的规定的室内装修材料。
- 4.4.5 装配整体式混凝土结构构件中应预留孔、洞的位置，穿楼板的设备管线，应采取防水、防火、隔声密封措施。

## 4.5 建筑节能设计

- 4.5.1 装配整体式混凝土结构的外围护结构应按建筑节能设计标准进行设计，采取相应的保温隔热措施，并应符合国家和地方现行建筑节能设计标准规范的要求。
- 4.5.2 施工图设计阶段，必须严格按照现行国家和地方标准规定的规定进行围护结构热工设计及采暖、通风和空调系统的节能设计。
- 4.5.3 预制混凝土外墙板的保温材料及其厚度除应满足热工设计要求，应依据构件材料的导热系数（带有门窗的预制混凝土混凝土外墙板，应分别计算墙板和玻璃的传热系数），按照相关节能标准验算夹心保温层厚度及相关热工参数。
- 4.5.4 预制混凝土外墙板与相邻构件相连处，应保持墙体保温的连续性及门窗框间的密闭性。

## 4.6 建筑构造设计

- 4.6.1 装配式混凝土结构外墙板的节点构造设计应包括板材间的连接和外墙板的接缝构造。
- 4.6.2 墙板与梁宜采用柔性连接。
- 4.6.3 接缝部位、门窗洞口等构配件组装部位的构造设计及材料的选用应满足各类建筑的物理、力学、耐久及装饰性能的要求，符合北方地区气候条件，材料选用应符合保温、隔热、隔声、防水和防火安全等技术性能的要求。
- 4.6.4 装配式混凝土结构外墙板应根据不同部位接缝特点选用构造防水、材料防水或二者相结合的防排水系统。
- 1 预制墙板安装应接缝严密，接缝外侧应嵌填密封胶条。
  - 2 板缝现场施工除在接缝内侧填嵌缝材料外，须在接缝外侧嵌填密封材料。密封材料应具有良好的相容性与耐候性指标。
- 4.6.5 装配式混凝土结构外墙板保温应防止热桥和冷风渗透。独立装饰构件与外墙板应可靠连接，并应满足热工设计的要求。
- 4.6.6 民用建筑外保温系统及外墙装饰防火设计，应符合现行国家建筑设计防火标准规范的有关规定。保温材料的燃烧性能宜为 A 级，且不低于 B2 级。夹心复合板材的芯材应采用不燃或难燃保温材料。建筑外墙板的装饰层除采用涂料外，应采用不燃材料，不易采用着火后易脱落的瓷砖类材料。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 装配整体式混凝土结构的整体计算可采用现浇混凝土结构的计算方法。荷载应根据《建筑结构荷载规范》GB50009 有关规定计算，地震作用应根据《建筑抗震设计规范》GB50011 有关规定计算。高层装配整体式混凝土结构上的竖向荷载、地震荷载及风荷载，应按照《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ3 确定。

5.1.2 装配整体式混凝土结构可采用框架、框架-核心筒、密柱框架筒、筒中筒结构，适用最大高度见表 5.1.2。

表 5.1.2 装配整体式混凝土结构适用的最大高度 (m)

结构类型	6 度	7 度	8 度
框架	60	50	40
框架-核心筒	150	130	100
密柱框架筒	150	130	100
筒中筒	180	150	120

注：1. 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不考虑局部突出屋顶部分）；

2. 装配整体式混凝土结构高度超过 31m 时，宜进行弹塑性设计。

5.1.3 装配整体式混凝土结构适用的高宽比见表 5.1.3

表 5.1.3 预制混凝土结构适用的高宽比

结构类型	6、7 度	8 度
框架	4	3
框架-核心筒	6	5
密柱框架筒	6	5
筒中筒	6	5

5.1.4 装配整体式混凝土结构的安全等级应符合《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153 的规定。预制混凝土构件的安全等级与结构的安全等级相同。

5.1.5 装配整体式混凝土结构抗震设计应根据设防烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，丙类结构抗震等级应符合表 5.1.5 的规定。

表 5.1.5 装配整体式混凝土结构抗震等级

结构类型		抗震设防烈度					
		6		7		8	
框架结构	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
	框架	四	三	三	二	二	一
	大跨度框架	三		二		一	
框架-核心筒	高度	≤60m	>60m	≤60m	>60m	≤60m	>60m
	框架	四	三	三	二	二	一
	核心筒	二		二		一	
密柱框架筒	框架	三		二		一	
筒中筒	内筒	三		二		一	
	外筒						

注：1 建筑场地为 I 类时，除 6 度外可按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施，但相应的计算要求不应降低；

2 接近或等于高度分界时，应允许结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级

3 大跨度框架指的是跨度大于 18m 的框架。

5.1.6 装配整体式混凝土结构抗震等级的确定，尚应符合下列要求：

1 裙房与主楼相连，除应按裙房本身确定外，应不低于主楼的抗震等级；主楼结构在裙房顶层及相邻上下各一层应适当加强抗震构造措施。裙房与主楼分离时，应按裙房本身确定抗震等级。

2 当地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，地下一层的抗震等级应与上部结构相同，地下一层以下的抗震等级可根据具体情况采用三级或更低等级。地下室中无上部结构的部分，可根据具体情况采用三级或更低等级。

3 抗震设防类别为甲、乙、丁类的建筑，应按抗震规范第 3.1.3 条规定和表 5.1.5 确定抗震等级。

5.1.7 高层装配整体式混凝土结构房屋应避免采用《建筑抗震设计规范》GB50011 第 3.4 节规定的不规则建筑结构方案，不设防震缝；当需要设置防震缝时，防震缝设置应符合下列要求：

1 框架结构房屋的防震缝宽度，当高度不超过 15m 时可采用 70mm；超过 15m 时，6 度、7 度、8 度相应每增加高度 5m、4m、3m，宜加宽 20mm。

2 防震缝两侧结构类型不同时，宜按需要较宽防震缝的结构类型和较低房高度确定缝宽。

3 8 度框架结构房屋防震缝两侧结构高度、刚度或层高相差较大时，应采取必要措施。

5.1.8 装配整体式混凝土结构的竖向布置应规则、匀称。竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度等级宜自下而上逐渐减小，避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。

5.1.9 高层装配整体式混凝土结构宜设置地下室，地下室宜采用现浇混凝土结构。

5.1.10 装配整体式混凝土结构设置伸缩缝的最大间距不宜大于 70m。

5.1.11 预制混凝土构件在生产、施工过程中应按实际工况的荷载、计算简图、混凝土实体强度进行应进行施工阶段验算。验算时应乘以相应的动力系数取 1.5；对脱模、吸附、翻转、吊装、运输时取 1.5，临时固定取 1.2。

注：动力系数尚可根据具体情况进行适当增减。

5.1.12 预制混凝土构件预埋件应考虑脱模、吊装、构件安装、施工支撑、安全防护、外脚手架安装各种工况。

5.1.13 预制混凝土楼梯应考虑地震作用下的位移要求，当采用一端简支，一端滑动时，滑动端水平位移不应大于为  $H/100$ ， $H$  为楼梯段高度。

5.1.14 预制混凝土外墙板设计应符合下列规定

1 预制混凝土外墙板的内力计算应按实际边界条件，并考虑吊装荷载、风荷载、地震作用。地震作用按照静力计算法进行计算，加速度数值取  $1.0g$ 。在地震作用下平面内水平位移限值为  $H/100$ 。

2 预制混凝土外墙板与主体结构宜采用两边连接。对于高度不大于 900mm 的外墙板，可与主体结构单边连接。

3 预制混凝土外叶墙板应作为夹心保温的保护板，视其为通过内外叶墙板之间的连接件挂在内叶墙体上的荷载。

4 预制混凝土夹心保温外墙板的连接件设计除应考虑构件在风荷载和地震作用计算外，尚应进行吊装运输和施工安装阶段验算。结构构件和外叶墙板之间的相对位移不应大于 3mm。

## 5.2 结构分析

5.2.1 装配整体式混凝土结构在承载力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析可采用线弹性方法。

5.2.2 装配整体式混凝土结构采用叠合楼板时，结构内力与位移计算时，应考虑叠合板对梁刚度的增大作用，

增大系数与叠合楼板中预制混凝土构件的方向有关,中梁可根据翼缘情况取 1.3~2.0 的增大系数,边梁可根据翼缘情况取 1.0~1.5 的增大系数。

5.2.3 刚性外围护墙和内隔墙与主体结构柔性连接时,结构整体计算时周期不折减。

5.2.4 装配整体式混凝土密柱框架筒结构应按框架-核心筒结构的规定调整构件组合内力设计值,其变形验算可参照框架-核心筒结构的规定。楼层内最大的弹性层间位移角为 1/800,最大弹塑性层间位移角为 1/100。

### 5.3 装配整体式混凝土结构拆分设计

5.3.1 装配整体式混凝土结构中预制混凝土构件的拆分位置除宜在构件受力最小的地方拆分和依据套筒的种类、结构弹塑性分析结果(塑性铰位置)来确定外,尚应考虑生产能力、道路运输、吊装能力以及施工方便等条件。

5.3.2 梁拆分位置可以设置在梁端,也可以设置在梁跨中,拆分位置在梁端部时,梁纵向钢筋套管连接位置距离柱边不宜小于  $1.0h$ (梁高),不应小于  $0.5h$ 。

5.3.3 柱拆分位置一般设置在楼层标高处,底层柱拆分位置应避开柱脚塑性铰区域,每根预制柱长度为 1 层、2 层或 3 层层高。

5.3.4 楼板的拆分以 300mm 为模数,最小宽度不应小于 600mm,最大宽度不宜大于 3000mm。

5.3.5 楼梯拆分位置为每层平台梁处。

5.3.6 外墙板的水平拆分位置宜设在楼层标高处,竖向拆分位置宜按单个开间设置。

### 5.4 连接部位设计

5.4.1 装配整体式混凝土结构连接部位设计应符合下列规定:

1 连接部位应注重概念设计,满足耐久性要求。在保证结构整体受力性能的前提下,应满足连接构造简单、受力明确。

2 应合理选择适当的连接部位连接方式和构造措施,使结构中连接部位的承载能力和延性不宜低于同类现浇结构,亦不宜低于预制混凝土构件本身。

5.4.2 连接部位后浇混凝土强度等级应高于同类预制混凝土构件一个强度等级。

5.4.3 当拆分位置在梁端时,当梁纵向钢筋套管连接的接头位置距离柱边为  $0.5h \sim 1.0h$  时,梁截面曲率延性系数不应大于 4,梁端转角不宜大于 1/50。

5.4.4 连接部位的接合面抗剪承载力应符合下列要求:

1 剪切摩擦抗剪强度标准值和设计值分别按 (5.4.3-1a) 和 (5.4.3-1b) 计算。

$$\tau_{Rk(S_h)} = \mu p_s f_{yk} \quad \text{但} \tau_{Rk(S_h)} \leq 0.35 f_{ck} \quad (5.4.3-1a)$$

$$\tau_{R(S_h)} = 0.9 \mu p_s f_y \quad \text{但} \tau_{R(S_h)} \leq 0.4 f_c \quad (5.4.3-1b)$$

2 钢筋销栓抗剪承载力标准值和设计值分别按 (5.4.3-2a) 和 (5.4.3-2b) 计算。

$$V_{Rk(D_o)} = 1.85 n_d A_{D_o} \sqrt{f_{ck} f_{yk}} \quad (5.4.3-2a)$$

$$V_{R(D_o)} = 1.85 n_d A_{D_o} \sqrt{f_c f_y} \quad (5.4.3-2b)$$

3 剪力键抗剪承载力标准值和设计值，分别按 (5.4.3-3a) 和 (5.4.3-3b) 计算，并取接合面两侧剪力键承载力较小值。

$$V_{Rk(K)} = \min\{\alpha f_{ck} A_{K1}, 0.10 f_{ck} A_{K2}' + 0.15 f_{ck} A_{K2}''\} \quad (5.4.3-3a)$$

$$V_{R(K)} = \min\{\alpha f_c A_{K1}, 0.10 f_c A_{K2}' + 0.15 f_c A_{K2}''\} \quad (5.4.3-3b)$$

4 接触面受压抗剪承载力标准值和设计值，分别按 (5.4.3-4a) 和 (5.4.3-4b) 计算：

$$V_{Rk(CP)} = \mu N_k \quad (5.4.3-4a)$$

$$V_{R(CP)} = \mu N \quad (5.4.3-4b)$$

式中  $\tau_{Rk(Sh)}, \tau_{R(Sh)}$  — 剪切摩擦抗剪强度标准值和设计值；

$\mu$  — 摩擦系数。接合面表面不处理时取 0.6，表面凸凹不宜小于 6mm 时取 1.0，现浇混凝土取 1.4；

$V_{Rk}(V_{Rk(CP)}, V_{Rk(K)}, V_{Rk(Do)}), V_R(V_{R(CP)}, V_{R(K)}, V_{R(Do)})$  — 剪切面抗剪承载力标准值、设计值，下标括号中 CP 表示受压抗剪，K 表示剪力键抗剪，Do 表示销栓抗剪；

$N_k, N$  — 分别为剪切面的压力标准值和设计值；

$p_s$  — 单位面积内横穿接合面的钢筋面积。当钢筋与接合面法向夹角为  $\theta$  时，乘  $\cos\theta$  折减；

$f_{yk}, f_y$  — 钢筋强度标准值和设计值；

$f_{ck}, f_c$  — 混凝土强度标准值和设计值；

$A_{K1}$  — 剪力键凸出部的承压面积；

$A_{K2}'$  — 接合面最上面和最下面可能发生受拉破坏的剪力键的根部剪切面积之和；

$A_{K2}''$  — 其余各剪力键根部的剪切面积之和；

$A_{Do}$  — 单根销栓钢筋面积。当钢筋与接合面法向夹角为  $\theta$  时，乘  $\cos\theta$  折减；

$\alpha$  — 剪力键验算的承压系数，取 1.25；

$n_d$  — 销栓钢筋根数。

5.4.5 叠合板接合面在竖向荷载作用下应符合下列规定：

$$\tau_s \leq \tau_{R(Sp)} \quad (5.4.5-1)$$

$$\tau_s = \frac{V S_y}{b I} \quad (5.4.5-2)$$

式中  $v$  — 验算截面 (1m 板宽) 的剪力设计值；

$S_y$  — 接合面以上部分截面对形心的面积矩；

$b$  ,  $I$  分别为宽度 (1m) 和截面惯性矩;

$\tau_s$  一接合面的剪应力设计值;

$\tau_{R(Sp)}$  一接合面的抗剪强度设计值。接合面的凹凸不宜小于 4mm 时, 取  $0.4 \text{ N/mm}^2$ 。

#### 5.4.6 叠合梁竖向接合面的抗剪承载力验算应符合下列规定:

##### 1 正常使用极限状态

按竖向荷载和其他可变荷载的标准组合下的抗剪验算, 应符合下式要求:

$$V_{Sk} \leq V_{Rk} \quad (5.4.6-1a)$$

$$V_{Rk} = \max \{V_{Rk(Cp)}, V_{Rk(K)} + V_{Rk(Co)}\} \quad (5.4.6-1b)$$

$$V_{Rk(Co)} = 0.10 f_{ck} a_{ss} \quad (5.4.6-1c)$$

$$a_{ss} = b(t_1 + t_2) - 2kt_1 \quad (5.4.6-1d)$$

计算  $V_{Rk(Cp)}$  时,  $N_k$  取竖向荷载和其他可变荷载的标准组合下竖向接合面处接触面压力值。

式中  $V_{Sk}$  一竖向荷载和其他可变荷载的标准组合下竖向接合面剪力标准值;

$V_{Rk}$  一竖向接合面抗剪承载力标准值;

$V_{Rk(Co)}$  一叠合层混凝土抗剪承载力标准值;

$a_{ss}$  一叠合层混凝土截面面积;

$b$  一梁宽;

$t_1$  一预制板厚;

$t_2$  一叠合板厚;

$k$  一预制板伸入梁内的长度。

##### 2 承载力极限状态

考虑多遇地震作用或风荷载基本组合时, 竖向接合面抗剪承载力应符合下式要求:

$$V_s \leq V_R \quad (5.4.6-2a)$$

$$V_R = \max \{V_{R(Cp)}, V_{R(K)} + V_{R(Co)}, V_{R(Do)}\} \quad (5.4.6-2b)$$

$$V_{R(Co)} = 0.10 f_c a_{ss} \quad (5.4.6-2c)$$

计算  $V_{R(Cp)}$  时,  $N$  取有地震作用或风荷载效应基本组合下竖向接合面处接触面压力设计值。

式中  $V_s$  一考虑地震作用或风荷载效应组合时竖向接合面剪力设计值;

$V_R$  一竖向接合面抗剪承载力设计值;

$V_{R(Co)}$  一叠合层混凝土抗剪承载力设计值。

当  $V_k = \max\{V_{R(CP)}, V_{R(K)} + V_{R(CO)}, V_{R(DO)}\} = V_{R(DO)}$  且  $V_s > \max\{V_{R(CP)}, V_{R(K)} + V_{R(CO)}\}$

即钢筋销栓抗剪承载力  $V_{R(DO)}$  起控制作用时, 靠近接合面的 1/2 梁高范围内的箍筋面积应满足式 (5.4.6—2d) 要求:

$$a_r = \frac{V_{R(DO)}}{2 f_y} \quad (5.4.6-2d)$$

3 抗震设计时, 强接合面弱构件的验算应符合下式要求:

$$V_{SU} \leq V_{RU} \quad (5.4.6-3a)$$

$$V_{RU} \leq \max\{V_{Rk(CP)}, V_{Rk(DO)}\} \quad (5.4.6-3b)$$

式中  $V_{SU}$  一竖向接合面剪力。取竖向荷载作用下接合面剪力标准值与梁左右端逆时针或顺时针方向按实际配筋取材料标准强度对应的屈服弯矩值计算的剪力值之和。

$V_{RU}$  一竖向接合面抗剪承载力。

计算  $V_{Rk(CP)}$  时,  $N_k$  取竖向荷载作用下弯矩标准值与梁左右端逆时针或顺时针方向按实际配筋取材料标准强度对应的屈服弯矩值之和计算的竖向接合面处接触面压力值。

4 竖向荷载标准组合下的纵向受拉钢筋的应力应不超过  $f_{yk}/1.5$

5.4.7 叠合梁水平接合面的抗剪承载力验算应符合下列规定:

1 正常使用极限状态

按竖向荷载和其他可变荷载的标准组合下的抗剪强度验算, 应符合下式要求:

$$\tau_{sk} \leq \tau_{Rk} \quad (5.4.7-1a)$$

$$\tau_{sk} = \frac{Q_{sk} S_y}{b I} \quad (5.4.7-1b)$$

式中  $\tau_{sk}$  一水平接合面剪应力标准值。T 形梁的有效翼缘宽度的取值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010) 的有关规定;

$\tau_{Rk}$  一水平接合面抗剪强度标准值, 取  $\tau_{Rk(SH)}/2$ ;

$Q_{sk}$  一竖向荷载和其它可变荷载作用下梁端剪力标准值;

$S_y$  一水平接合面以上部分截面对形心的面积矩;

$b, I$  一分别为梁宽和截面惯性矩。

2 承载力极限状态

考虑多遇地震作用或风荷载组合时, 水平接合面抗剪强度应符合下式要求:

$$\tau_s \leq \tau_R \quad (5.4.7-2a)$$

$$\tau_s = \frac{\Delta T}{b_c \Delta l} \quad (5.4.7-2b)$$

$$\Delta T = \frac{M}{0.9 h_0} \quad (5.4.7-2c)$$

式中  $\tau_s$  —有地震作用或风荷载效应组合时水平接合面剪应力设计值；

$\tau_R$  —水平接合面抗剪强度设计值，取  $\tau_{R(S_h)}$ ；

$b_c$  —水平接合面的宽度；

$\Delta l$  —梁端至竖向荷载作用下反弯点的距离；

$\Delta T$  —在  $\Delta l$  范围内水平接合面以上的受拉钢筋拉力的变化量。T 形梁宜考虑有效翼缘宽度内板的钢筋；

$M$  —有地震作用或风荷载效应组合时梁端弯矩设计值；

$h_0$  —梁有效高度。

3 抗震设计时，强接合面弱构件的验算，应符合下式要求：

$$\tau_{SU} \leq \tau_{RU} \quad (5.4.7-3a)$$

$$\tau_{SU} = \frac{\Delta T_U}{b_c \Delta l} \quad (5.4.7-3b)$$

$$\Delta T_U = a_{st} f_{yk1} + a_{ss} f_{yk2} \quad (5.4.7-3c)$$

式中  $\tau_{RU}$  —水平接合面抗剪强度，取  $\tau_{Rk(S_h)}$ ；

$\tau_{SU}$  —水平接合面剪应力；

$\Delta T_U$  —在  $\Delta l$  范围内水平接合面以上的受拉钢筋拉力的变化量。T 形梁宜考虑有效翼缘宽度内板的钢筋；

$a_{st}, a_{ss}$  —分别为水平接合面以上梁主筋和有效翼缘宽度范围内板钢筋的面积；

$f_{yk1}, f_{yk2}$  —分别为梁和楼板钢筋强度标准值。

## 5.5 构造要求

5.5.1 连接部位的钢筋应根据使用部位、全数套管连接或半数套管连接按表 5.5.1 确定套管等级。套管连接优先选择 A 级套管，表中○表示可以直接使用情况；×表示不能使用的情况；△表示是因刚度或强度不够，需要通过增加钢筋的根数才能使用的情况。

表 5.5.1 套管连接的等级及使用部位

使用部位		SA 级		A 级		B 级		C 级	
		全数 套管	半数 套管	全数 套管	半数 套管	全数 套管	半数 套管	全数 套管	半数 套管
a	框架梁跨中纵筋 非框架梁受拉纵向钢筋	○	○	○	○	△	△	△	△
b	抗震设计时,柱端和梁端塑性 铰区内纵向钢筋	○	○	○	○	×	×	×	×
c	柱端和梁端塑性铰区域外 纵筋	○	○	○	○	△	△	×	×
d	其他钢筋	○	○	○	○	○	○	△	○

注, 柱端和梁端的塑性铰区内纵筋采用 A 级套管连接时, 截面曲率延性系数不宜大于 4。

5.5.2 混凝土保护层厚度宜符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的相关规定。当有可靠经验保证混凝土构件不超过裂缝宽度限值, 混凝土保护层最大厚度可适当放宽。

5.2.3 连接部位的箍筋应加密。

5.5.4 预制混凝土梁钢筋在柱内锚固可采用直线锚固, 直锚长度不应小于 0.75 倍柱宽。机械锚具距离柱边不应小于 3 倍梁纵筋直径, 见图 5.5.4。

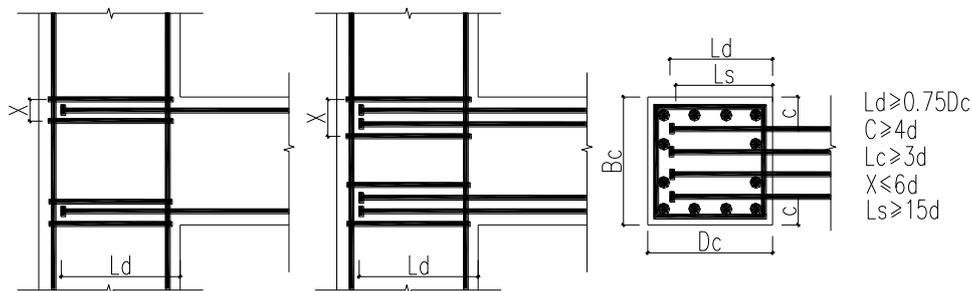


图 5.5.4 梁钢筋直线锚固构造

5.5.5 钢筋套管连接之间的净距不应小于 25mm, 钢筋之间的距离不宜小于  $D+1.5d$ ,  $D$  为钢筋月牙纹外径尺寸,  $d$  为钢筋名义直径。

5.5.6 预制混凝土楼板伸入梁、柱等构件内的支承长度不宜小于 20mm, 也不宜大于 30mm。

5.5.7 叠合构件预制部分的水平接合面宜做成有凹凸的粗糙面, 预制混凝土梁的凹凸不宜小于 6mm, 预制混凝土板的凹凸不宜小于 4mm。

5.5.8 预制混凝土梁和叠合梁应符合下列要求:

1 预制混凝土梁和叠合梁主筋采用高强钢筋, 纵向钢筋最小间距应满足套管连接的相关要求。

2 叠合梁现浇部分的高度不应小于 150mm 和 1/3 梁高的较大值; 当两侧边设预制反沿, 厚度不宜小于 50mm, 叠合梁截面构造见图 5.5.8-2。

3 在预制混凝土梁的预制面以下 100mm 范围内, 应设置 2 根腰筋, 直径不应小于 12mm。

4 预制混凝土梁端部接合面宜设置剪力键, 剪力键的尺寸应按本规程 5.4.4 的规定计算确定, 梁端剪力键构造见图 5.5.8-4。

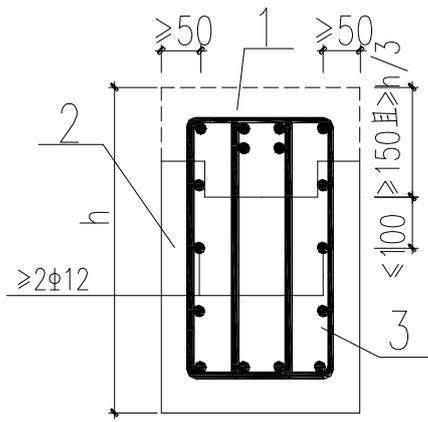


图 5.5.8-2 叠合梁截面构造  
1-现浇层；2-预制反沿；3-预制梁

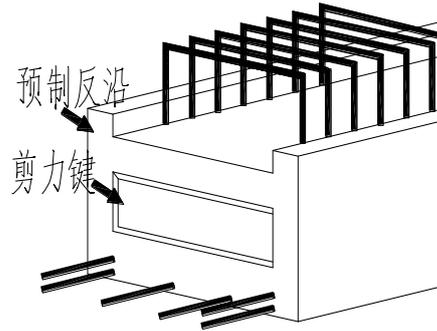


图 5.5.8-4 梁端剪力键构造

### 5.5.9 预制混凝土柱应符合下列要求：

- 1 预制混凝土柱纵向钢筋最小间距应满足套管连接的相关要求。
- 2 顶层柱顶箍筋设置应不少于 1 排，直径不应小于 14mm，肢距不应大于 300mm。
- 3 顶层柱节点处的柱顶纵筋采用机械直锚时，柱顶面高出梁顶面的高度不宜小于梁高的 1/2，且不宜小于 500mm，柱纵筋从梁底伸出长度不应小于 40d，顶层端节点锚固构造见图 5.5.9-3 。

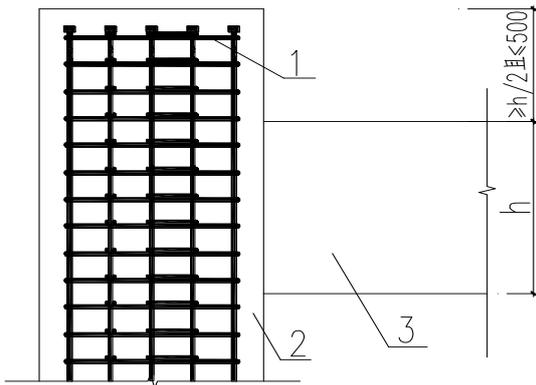


图 5.5.9-3 顶层端节点锚固构造  
1-加强水平箍筋；2-柱；3-预制梁

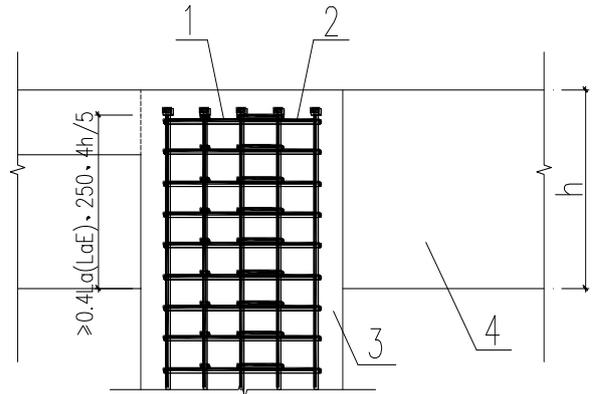


图 5.5.9-4 顶层中节点柱纵筋锚固构造  
1-加强水平箍筋；2-伸至柱顶；3-柱；4-预制梁

- 4 顶层中节点处的柱纵筋采用机械锚固时锚固长度不应小于  $0.4L_a$  ( $L_aE$ )、250mm 和梁高的 4/5 的最大值，顶层中节点柱纵筋锚固构造见图 5.5.9-4。

### 5.5.10 预制混凝土板和叠合板应符合下列要求：

- 1 楼板跨度不大于 9m 时，宜采用带桁架筋的预制混凝土楼板，预制板的厚度不宜小于 60mm，叠合板的现浇层厚度不应小于 60mm。桁架筋由上弦筋、下弦筋和架立弯筋组成格构桁架。上弦筋直径宜为 10—12mm，下弦筋直径宜为 8—10mm，架立弯筋直径宜为 6—8mm；
- 2 楼板跨度大于 9m 时，宜采用预应力叠合楼板；
- 3 预制混凝土板的拼缝处，板上边缘宜设置 30mm×30mm 的倒角(图 5.5.10-3)。接缝钢筋与预制板钢筋的重叠长度不应小于  $l_a$ ，接缝钢筋根据受力情况确定，非受力钢筋按构造确定，直径不应小于 8mm，间距不应大于 200mm。

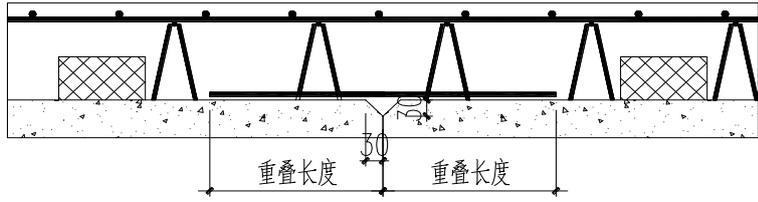


图 5.5.10-3 预制板拼缝倒角

4 预制混凝土板拼缝位置宜避开叠合板受力较大部位。

5 叠合板受力端部与梁连接，底部补强钢筋与受力底筋相同，搭接长度不宜小于  $30d$ ，顶部钢筋伸入梁内不宜小于  $1a$ ，搭接长度不应小于  $1.61a$ ，叠合板受力端与梁钢筋连接构造见图 5.5.10-5。

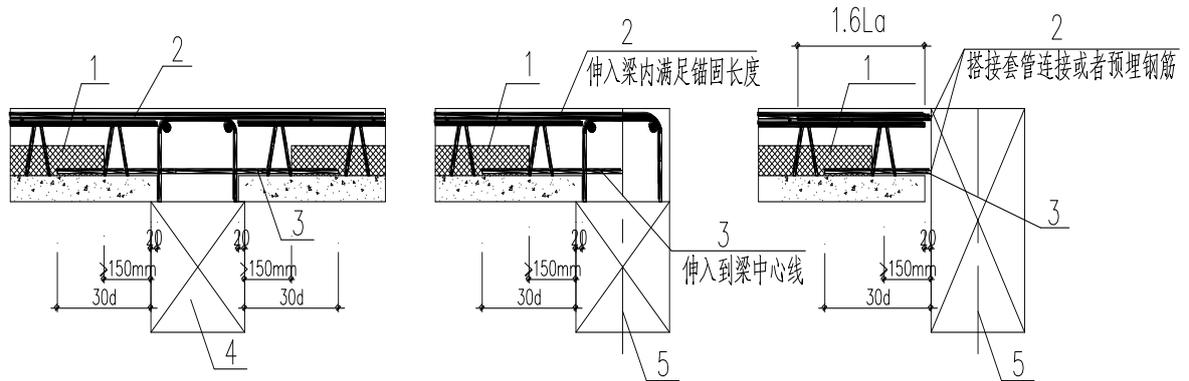


图 5.5.10-5 叠合板受力端与梁钢筋连接构造

1-填充轻质材料；2-受力主筋；3-底部补强筋；4-梁；5-梁中线

6 按单向板设计的叠合板非受力边与梁连接，顶部构造钢筋伸入梁内不应小于  $L_a$ ，搭接长度不应小于  $1.61a$ ，叠合板非受力端与梁钢筋连接构造见图 5.5.10-6。

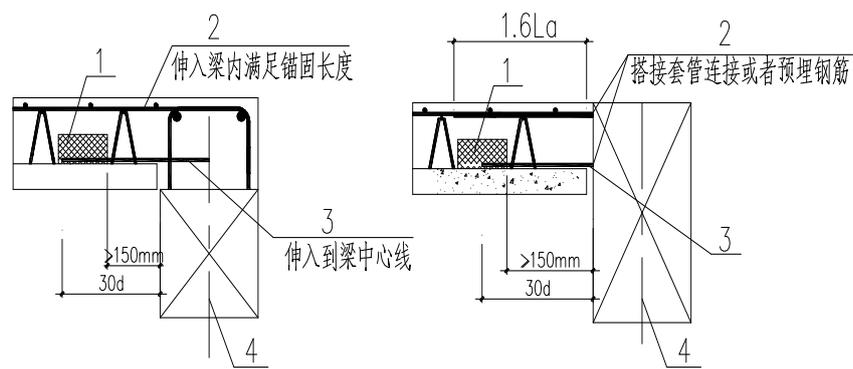


图 5.5.10-6 叠合板非受力端与梁钢筋连接构造

1-填充轻质材料；2-构造钢筋；3-底部补强筋；4-梁中线

7 当楼板局部下卧，两侧楼板连接部位长度不应小于  $2h$ ，叠合板局部下卧构造见图 5.5.10-7。

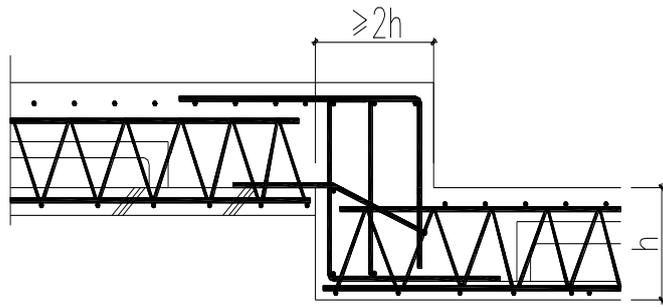


图 5.5.10-7 叠合板局部下卧构造

5.5.11 预制混凝土楼梯板的厚度不宜小于 120mm，预留钢筋锚入支座长度不应小于  $1a$ 。

5.5.12 预制混凝土外叶墙板应与内叶墙板（梁、柱）可靠连接，外叶墙板缝宽不宜小于 10mm，且不应大于 20mm；外叶墙板厚度不应小于 60mm；受力内叶墙板厚度不应小于 100mm，且应采用双层双向配筋，受力钢筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 200mm，配筋率不应小于 0.2%。

5.5.13 外围护墙、内隔墙、建筑附属机电设备支架以及附着于楼、屋面结构上的其他非结构构件与主体结构应有可靠的连接。刚性的外围护墙、内隔墙宜与主体结构采用柔性连接。

5.5.14 预制梁预留孔洞宜设置在梁剪力较小的跨中  $1/3$  区域内，应避开梁塑性铰区域和钢筋套管连接位置。

## 6 施工安装

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 预制混凝土结构施工企业应具备相应资质；施工现场应建立相应的质量、安全、环境管理体系，建立施工质量控制和检验制度。
- 6.1.2 安装与施工前，应编制各类专项施工方案，包括质量、安全、环境保护方案及各级进度计划。
- 6.1.3 安装与施工前，施工企业应对安装人员进行专门的作业培训。
- 6.1.4 安装与施工的全过程宜对预制混凝土构件及其上的建筑附件、预埋件、吊件等宜采取成品保护措施。
- 6.1.5 冬、雨期施工应按现行国家和地方相关标准执行。

### 6.2 安装准备

- 6.2.1 预制混凝土构件生产企业应具有相应的技术能力、管理水平、生产规模，预制构件生产企业的基本条件见附录 D。
- 6.2.2 预制混凝土构件安装前应根据设计图纸，进行测量放线并做好安装定位标志。
- 6.2.3 多层建筑轴线与标高控制宜采用“外控法”放线，高层建筑或受场地条件环境限制的建筑物宜采用“内控法”放线。每栋建筑物设标准水准点 1~2 个，在首层墙、柱上设置控制水平线。
- 6.2.4 合理规划预制混凝土构件运输通道和存放场地，设置现场临时托架，制定成品保护措施。
- 6.2.5 吊装设备应满足起重量、吊装高度、下降速度（带微调装置）、回转半径、安全制动等要求。
- 6.2.6 预制混凝土构件安装和施工时，应根据结构类型及高度设置垂直运输设备的附着装置。

### 6.3 安装施工

- 6.3.1 预制混凝土构件应按施工方案中规定的顺序进行吊装，并满足下列要求：
  - 1 吊装前应确认预制混凝土构件标识；
  - 2 吊装绳索与预制混凝土构件的平面夹角不宜小于 45°，当小于 45° 时，应经验算或采用专用起吊架；
  - 3 吊装应采用“垂直”或“水平”就位方法。就位后，应设置临时支撑，用专用索具（撑杆）对预制混凝土构件进行调整；
  - 4 当起吊楼板等小构件时，应采取避免预制混凝土构件变形及倾覆的措施。
- 6.3.2 预制混凝土结构采用套管灌浆连接或钢筋间接搭接时，应制定专项施工方案。灌浆应由经培训合格的专业人员按要求操作。灌浆质量控制方法见附录 E。
- 6.3.3 预制混凝土结构连接部位的钢筋连接和预留缝灌浆，应满足设计要求和下列规定：
  - 1 在进行灌浆前，对预留缝和套管、灌浆料的排出口里面进行清理杂物；
  - 2 柱脚周围的连接部位，预置 2~3cm 预留缝，应采用模板或密封材料密封后，注入灌浆料。
- 6.3.4 叠合构件施工应满足下列要求：
  - 1 后浇混凝土施工前，应按设计要求检查结合面粗糙度和钢筋位置，并调正外露钢筋；
  - 2 叠合构件的施工支撑应按施工方案设置，支撑系统应保证施工荷载作用下的承载力与变形。
- 6.3.5 外叶墙板拼缝密封材料应符合设计要求，并满足耐候性、防水性和相容性等要求。

## 6.4 质量检验

- 6.4.1 预制混凝土构件进入现场的质量检验，采用现场见证和文件核查确认方式。现场见证主要对构件的外观质量与尺寸偏差、混凝土强度，构件的饰面质量和构件的结构性能按规定的检验批进行抽验；文件核查应主要检查预制混凝土构件的合格证和配套材料的合格证、复试单等质量证明文件。
- 6.4.2 连接部位的施工按附录 F 规定执行，应全数进行隐蔽工程的检验和填写施工隐蔽记录。
- 6.4.3 预制混凝土构件安装就位后，应立即进行安装精度检验。安装精度宜按附录 G 的方法进行检验，浇注混凝土或灌浆前检查宜按附录 H 进行。
- 6.4.4 对外墙板的拼缝应进行防水性能抽检，试验宜自屋面下竖向拼缝 1.0m 宽范围内进行，形成水幕淋水 40min。每栋房屋喷淋试验的数量应不少于墙面接缝数量的 10%~20%，且不少于一条缝。
- 6.4.5 预制混凝土结构的外观质量检查应按现浇混凝土结构的有关规定执行。对有土建、装饰和保温一体化的结构，尚应满足有关建筑装饰和节能标准要求。

## 6.5 安全与环境保护

- 6.5.1 预制结构施工过程中应按照国家现行标准《建筑施工安全检查标准》JGJ59 和《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ146 等安全、职业健康和环境保护的有关规定执行。
- 6.5.2 预翻构件、操作架、围挡在吊升阶段，应在吊装区域下方用红白三角旗设置安全警示区域，安排专人监护。
- 6.5.3 吊运预制构件时，构件下方禁止站人，应待吊物降落至离地 1m 以内方准靠近，就位固定后方可脱钩。
- 6.5.4 施工现场临时用电的安全应符合国家现行标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46 和施工用电专项方案的规定。
- 6.5.5 遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于 6 级时，不得吊装预制构件。
- 6.5.6 预制构件运输过程中，应保持车辆整洁，防止对道路的污染，减少道路扬尘。
- 6.5.7 在施工现场应加强对废水、污水的管理，现场应设置污水池和排水沟。废水、废弃涂料、胶料应统一处理，严禁未经处理而直接排入下水管道。
- 6.5.8 预制构件施工中产生的粘结剂、稀释剂等易燃、易爆化学制品的废弃物应及时收集送至指定储存器内，按规定回收，严禁未经处理随意丢弃和堆放。
- 6.5.9 在预制结构施工期间，应严格控制噪声和遵守现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB12523 的规定。
- 6.5.10 在夜间施工时，应防止光污染对周边居民的影响。

## 7 工程验收

### 7.1 结构实体检验

7.1.1 预制混凝土结构工程验收，除满足本规程规定外，尚应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 有关规定的要求。

7.1.2 对涉及预制混凝土结构安全的重要部位应在监理工程师见证、施工项目技术负责人组织下进行结构实体检验。承担结构实体检验的检测机构应具有相应资质。

7.1.3 结构实体应进行以下项目检验：

- 1 整体尺寸；
- 2 连接部位混凝土强度；
- 3 连接部位的钢筋直径、间距和混凝土保护层厚度；
- 4 灌浆料饱满度检验
- 5 工程合同约定的项目。

### 7.2 子分部验收

7.2.1 工程验收时应提交下列资料：

- 1 设计单位确认的工程竣工图、设计变更文件；
- 2 安装与施工所用各种材料、配件及预制混凝土构件的产品合格证书、性能测试报告、进场验收记录和复试报告；
- 3 预制混凝土构件安装施工验收记录；
- 4 连接部位的隐蔽工程检查验收记录；
- 5 后浇注混凝土或浆体强度检测报告；
- 6 分项工程验收记录；
- 7 结构实体检验记录；
- 8 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 9 预制混凝土外墙板的装饰、保温、接缝防水检测报告；
- 10 其他质量保证资料。

7.2.2 工程验收应进行隐蔽工程验收，并应符合下列要求：

- 1 套管灌浆饱满度；
- 2 焊接接头、螺栓连接、钢筋连接接头等；
- 3 结构预埋件；
- 4 连接部位处钢筋及混凝土接合面；
- 5 预制混凝土构件接缝及防水、防火做法。

7.2.3 除特殊要求外，预制混凝土结构可按混凝土结构子分部工程要求验收。当符合下列要求时，预制混凝土结构子分部工程施工质量验收合格。

- 1 有关分项工程施工质量验收合格；

- 2 质量控制资料完整并符合要求;
  - 3 观感质量验收合格;
  - 4 结构实体检验满足设计和本规程要求。
- 7.2.4 预制混凝土结构中涉及装饰、保温、防水、防火等性能要求应按设计要求和有关标准规定验收。
- 7.2.5 当预制混凝土结构子分部工程施工质量不符合要求时,应按下列规定进行处理:
- 1 经返工、返修或更换预制混凝土构件、部件的检验批,应重新进行检验;
  - 2 经有资质的检测单位检测鉴定达到设计要求,应予以验收;
  - 3 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求,但经原设计单位核算并确认可以满足结构安全和使用功能时,可予以验收;
  - 4 经返修或加固处理能够满足结构安全使用要求的分项工程,可根据技术处理方案和协商文件进行验收。
- 7.2.6 预制混凝土结构子分部工程施工质量验收合格后,应将所有的验收文件存档备案。

## 附录 A 灌浆材料性能指标要求

	项目	性能指标
流动度	初始	$\geq 300\text{mm}$
	30 min	$\geq 260\text{mm}$
抗压强度	1d	$\geq 45\text{MPa}$
	7d	$\geq 60\text{MPa}$
	28d	$\geq 85\text{MPa}$
膨胀率	24h	0.06%~0.5%
对钢筋锈蚀作用		无锈蚀
使用温度		5—40℃

## 附录 B 套管连接的单体试验方法及判定标准

B.0.1 套管连接的单体试验应满足下列要求：

- 1 单体试验的试件是用套管连接注入灌浆料把 2 根钢筋连接成一体，套管连接设在试件的中间；
- 2 单体试验项目有单向拉伸试验、单向反复试验、弹性范围内正负反复试验和塑性范围内正负反复试验；
- 3 试件标距取套管连接长度加两侧钢筋直径的 1/2 或 20mm 的最大值。根据试件标距和试验机夹具类型确定试件长度，试件长度应小于 500mm。
- 4 单体试验的加载方法见表 C.0.1。

表 C.0.1 套管连接的单体试验的加载方法

试验项目	加载方法
单向拉伸试验	$0 \rightarrow 0.6 f_{yk} \rightarrow f_{yk} \rightarrow$ 断裂
单向拉伸反复试验	$0 \rightarrow (0.02 f_{yk} \leftrightarrow 0.95 f_{yk}) \rightarrow$ 破损 (重复 30 次)
弹性拉压反复荷载试验	$0 \rightarrow (0.95 f_{yk} \leftrightarrow -0.5 f_{yk}) \rightarrow$ (重复 20 次)
塑性拉压反复荷载试验	SA 级套管连接 $0 \rightarrow (2 \varepsilon_{yk} \leftrightarrow -0.5 f_{yk}) \rightarrow (5 \varepsilon_{yk} \leftrightarrow -0.5 f_{yk}) \rightarrow$ (重复 4 次) (重复 4 次)
	A 级套管连接 $0 \rightarrow (2 \varepsilon_{yk} \leftrightarrow -0.5 f_{yk}) \rightarrow$ (重复 4 次)

B.0.2 套管连接的性能指标应按单体试验结果确定，判定标准见表 C.0.2。

表 C.0.2 套管连接单体试验判定标准

		SA 级	A 级	B 级	C 级
单向拉伸 试验	强度	$f_b' \geq 1.35 f_{yk}$ 或者 $f_b$		$f_b' \geq f_b$	
	刚度	$0.7 f_{yk} E \geq E_0$ $0.95 f_{yk} E \geq 0.9 E_0$	$0.7 f_{yk} E \geq 0.9 E_0$ $0.95 f_{yk} E \geq 0.7 E_0$	$0.5 f_{yk} E \geq 0.9 E_0$ $0.95 f_{yk} E \geq 0.5 E_0$	$0.5 f_{yk} E \geq 0.9 E_0$ $0.7 f_{yk} E \geq 0.5 E_0$
	延性	$\varepsilon_u' \geq 20 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.04$	$\varepsilon_u' \geq 10 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.02$	$\varepsilon_u' \geq 5 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.01$	
	残余量	$\delta_s' \leq 0.3\text{mm}$	$\delta_s' \leq 0.3\text{mm}$		
单向拉伸 反复试验	强度	$f_b' \geq 1.35 f_{yk}$ 或者 $f_b$			
	刚度	$_{30c} E \geq 0.85 \cdot _{1c} E$	$_{30c} E \geq 0.5 \cdot _{1c} E$	$_{30c} E \geq 0.25 \cdot _{1c} E$	
	延性	$\varepsilon_u' \geq 20 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.04$	$\varepsilon_u' \geq 10 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.02$	$\varepsilon_u' \geq 5 \varepsilon_y'$ 或者 $\varepsilon_u' \geq 0.01$	
	残余量	$_{30c} \delta_s \leq 0.3\text{mm}$	$_{30c} \delta_s \leq 0.3\text{mm}$		
弹性拉压 反复荷载 试验	强度	$f_b' \geq 1.35 f_{yk}$ 或者 $f_b$			
	刚度	$_{20c} E \geq 0.85 \cdot _{1c} E$	$_{20c} E \geq 0.5 \cdot _{1c} E$	$_{20c} E \geq 0.25 \cdot _{1c} E$	
	残余量	$_{20c} \delta_s \leq 0.3\text{mm}$	$_{20c} \delta_s \leq 0.3\text{mm}$		
塑性拉压 反复荷载 试验	强度	$f_b' \geq 1.35 f_{yk}$ 或者 $f_b$			
	残余量	$_{4c} \varepsilon_s \leq 0.5 \varepsilon_{yk}$ $_{4c} \delta_s \leq 0.3\text{mm}$ $_{8c} \varepsilon_s \leq 1.5 \varepsilon_y'$ $_{8c} \delta_s \leq 0.9\text{mm}$	$_{4c} \varepsilon_s \leq 0.5 \varepsilon_y'$ $_{4c} \varepsilon_s \leq 0.6\text{mm}$		

注：0.5  $f_{yk} E$ 、0.7  $f_{yk} E$ 、0.95  $f_{yk} E$ —分别为在 0.5  $f_{yk}$ 、0.7  $f_{yk}$ 、0.95  $f_{yk}$  的应力下套管连接的割线刚度

$_{1c} E$ 、 $_{20c} E$ 、 $_{30c} E$ —分别为在第 1、20、30 次加力时的 0.95  $f_{yk}$  应力下的套管连接的割线刚度

$_{4c} \varepsilon_s$ 、 $_{8c} \varepsilon_s$ —分别为在第 4、8 次加力下的套管连接的应变

$_{4c} \delta_s$ 、 $_{8c} \delta_s$ —分别为在第 4、8 次加力下的套管连接的伸长量

## 附录 C 非金属连接件性能指标

项目	拉伸强度	拉伸弹模	层间剪切强度	剪切模量
设计指标要求	>600MPa	>42GPa	>30MPa	>40.6GPa
依据标准	GB/T1447	GB/T1447	JC/T77.3	JC/T77.3

附录 D 预制混凝土构件生产企业基本条件

名称	分项	考察项目	具体要求	检查栏
技术能力	工程师	构件图纸设计师	有	
		钢筋、模板组装技师	有	
		技术负责人	有（总工程师）◎	
		质量负责人	资格、经验等◎	
管理能力	质量管理	质量管理体系	有	
		制作要求、制作要点	正确	
		检查要领、检查表	可行	
		质量标准	不合格构件的确认	
		钢筋绑扎时，精度控制及检查方法	确认工法可行性	
		生产用混凝土骨料及施工用水的管理	确认工艺的可行性◎	
		混凝土试验不合格的处理	能否执行	
	试验设备	骨料试验	进行	
		混凝土养护箱 温度管理	有	
		同条件养护试块	具备	
		抗压强度试验机 检测	有	
	检查设备	检查码 有	有	
		仪器	有	
安全管理	安全管理计划	可行		
	管理措施	可行		
生产能力	产能	蒸汽养生设备的最大容量和养生时间	可行	
		模具	可行	
	生产计划	构件工厂生产、养护、临时储放计划	可行	
	临时存放场	其容量应满足生产能力的要求	可行	
	钢筋仓库	分类保管钢材	有	
		钢筋进场检验方法	可行	
	混凝土生产设备	水泥筒仓 防潮措施	可行	
		骨料堆场 控制表面水率、含水率（屋顶）	确认	
		（洒水）	确认◎	
		（测量）	确认	
		外加剂 种类、数量	按比例配制	
		计量工具 检查、校正	有	
	制造设备	记录	有	
		数量	相应制造方法	
		能力	确认	
	蒸汽养生设备	模具	可靠固定	
		温度控制	有	
		温度记录	有	
	施工人员	钢筋绑扎	有	
模板安装		有		
混凝土浇注		有		
运输能力	由运输公司运至工地现场	运距及路况 满足施工计划	确认	
		车辆 满足施工计划	确认	
		交货时间及数量	确认	
运营状态		运营状态的调查	风险预警	
业绩		主要产品	参考	
		最近较大工程业绩	参考	
		是否有类似的工程业绩	相关人员的业绩	

：◎ 需特别注意的项目。

## 附录 E 灌浆质量控制方法

项目	操作方法	周期和组数	判定标准
种类、厂家、生产时间	确认包装袋上的时间	全数检查	不超过使用期限
用水量控制	对比配合比和施工记录	全数检查	满足设计要求
温度控制	用温度计测试	第 1 次	满足设计要求
流动度控制	仪器测量	第 1 次	满足设计要求
抗压强度	现场预留试块	灌浆开始前或是材料更换时	满足设计要求
饱满度	目视	每次灌浆时	确认填充密实

## 附录 F 连接部位的检验方法和评定标准

	检查项目	检查方法
预制构件	套管连接	1 套管、注入口、排出口的数量符合设计图纸要求
		2 预制混凝土构件断面内的安装位置符合规定的精度
		3 注入口、排出口及安装在各个注入口上的管路应该顺畅
		4 套管内有没有混凝土进入
		5 套管内不能有不利于结构受力的附着物
	钢筋	1 预制混凝土构件上预留主筋的长度，小于允许偏差
2 预制混凝土构件断面内的安装位置，小于允许偏差		
3 主筋上不能有不利于结构受力的附着物		
组装后允许偏差内容	套管连接的断面	±3mm
	钢筋的位置	±3mm
	钢筋的预留长度	±5mm
组装后需确认项目	钢筋的预留长度	确认是否满足必要的插入长度，用测量仪器等测量
	钢筋的状态	目测，有没有不利于结构受力的附着物或弯曲现象
	连接部位的状态	在进行灌注前，目测确认有没有灰尘和异物
	接缝厚度	满足规定厚度，用仪器测量

## 附录 G 预制混凝土构件的安装允许偏差

检查项目	评定方法	周期组数	允许偏差
柱构件水平位置的偏移	用钢尺测量	全数	±10mm
柱构件的倾斜	用线坠、倾斜计等测量		±5mm
柱构件的高度	用水平仪测量		-5mm~+10mm
梁构件水平位置的偏移	用钢尺测量		±10mm

## 附录 H 安装后质量检查方法和判定标准

项目	检查项目	检查方法	判定标准
预制混凝土构件	安装位置	目视或用直尺等与设计图纸对照	安装位置应与构件组装图一致。
	进场后发生的破损和裂缝情况	目视或用相关量具等实测	参照制作和验收标准的检查方法，但是表中的处置方法「报废」，需要得到监理工程师的确认。
	瓷砖等的排块、有无破损等情况	目视	瓷砖排块和构件制作图一致。 瓷砖没有缺损或破损。 瓷砖接缝处没有气泡
连接部位配筋	钢筋的种类、直径、根数和间距	与设计图对比	钢筋的种类、直径、根数和间距应符合设计要求
	保护层厚度	用仪器获直尺实测	符合设计要求
	钢筋连接套筒施工情况	用目视或用直尺实测	封堵螺丝的安装和灰浆的施工状况等

## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 4 《建筑设计防火规范》 GB50016
- 5 《高层民用建筑设计防火规范》 GB50045
- 6 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB50068
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204
- 8 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210
- 9 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB50411
- 9 《住宅建筑规范》 GB50368
- 10 《民用建筑设计通则》 GB50352
- 11 《民用建筑热工设计规范》 GB50176
- 12 《住宅建筑模数协调标准》 GB/T50000
- 13 《建筑门窗洞口尺寸系列》 GB/T5824
- 14 《高层混凝土结构技术规程》 JGJ3
- 15 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ26
- 16 《装配式大板居住建筑设计和施工规程》 JGJ1
- 17 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ114
- 18 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ33
- 19 《施工现场临时用电安全技术规程》 JGJ46
- 20 《建筑施工高处作业安全技术规程》 JGJ80
- 21 《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》 SJG18

## 本规程用词用语说明

- 1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；  
表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 条文说明

# 1 总 则

1.0.1 国际上衡量一个国家工业化水准的时候，常常使用的一个指标，就是预制混凝土的水泥用量在整个水泥的消费量中所占的比例。这个指标某种程度上可以反映一个国家在与预制混凝土生产和装配化施工上所处的水准。2009年11月辽宁省政府、沈阳市政府和沈阳兆寰等企业，为使住宅产业更加理性发展，更加注重效率、品质和质量，对国内、日本等国家的建设领域装配整体式混凝土结构进行了学习考察发现，日本是地震多发的国家，但预制装配整体式混凝土结构却多数用在100米以上的高层建筑。而震害调查表明：预制装配整体式混凝土建筑震害轻于RC结构，同时预制混凝土结构还适合是北方地区得冬季施工，这就不得不引起我们深思和进一步深入研究对预制装配整体式混凝土结构重新定位和思考，为提升辽宁省的建筑工业化水平，省市非常注视，采取边研究、边试点、边实验的方针，为使预制混凝土得到推广应用，预制混凝土结构的设计、施工、验收以及构件的制作、安装有据可依，组织编写预制混凝土结构构件制作、结构设计、施工和验收的系列地方标准和规程。

1.0.2 本规程本着消化吸收的原则，理性的推广鹿岛成熟预制混凝土建筑技术。研究发现在日本鹿岛建设的预制混凝土结构主要适用于的混凝土结构中梁、柱和外墙板在工厂制造生产、现场安装的预制混凝土框架结构、预制混凝土筒体结构和预制混凝土框架-筒体结构，不能用于混凝土剪力墙结构，但对带剪力墙的混凝土结构在梁、柱预制混凝土化情况下在日本也可以使用，本规程编制过程由于缺乏研究和试验资料，暂不考虑预制混凝土化的剪力墙结构和框架剪力墙结构。

1.0.3 编制过程中以鹿岛建设株式会社的相关规定和技术指南为基础，以鹿岛建设株式会社在建设的工程为支撑，以鹿岛建设株式会社提供的试验数据为依据，预制混凝土梁、柱等构件及其连接构造参照鹿岛建设株式会社提供《构架式预制钢筋混凝土结构设计施工技术指南》做法，但结构设计和计算结合我国现行国家和地方标准。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

2.1.1 预制混凝土构件一般在工厂制作，但是在现场内设置混凝土搅拌站并在现场内制造预制混凝土构件和没有设置混凝土搅拌站但使用商品混凝土在现场内制造预制混凝土构件，可以适用本规程。

2.1.3 装配整体式混凝土结构的筒体结构是由密柱框架组成的竖向筒体为主组成的承受竖向和水平作用的高层建筑结构，。本规程涉及的筒体结构主要包含以下三种：框架-核心筒、密柱框架筒、筒中筒。密柱框架筒结构是由两个及两个以上预制密柱和预制深梁组成的多筒体结构见图 2.1.3。引自《构架式钢筋混凝土结构设计施工技术指南》，是日本常用的结构体系。

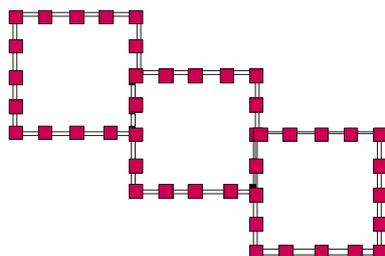


图 2.1.3 预制混凝土密柱框架筒

在日本有工程应用和试验依据，而我国应用较少，鉴于即将开发建设多数属于这类结构，本着消化吸收

的原则，先将该种体系纳入暂行规程，试点工程时，同时开展试验研究，为编制规程和在我国应用提供科学依据。

2.1.7 连接部位的两根搭接的钢筋间距不宜过大，当搭接间距大于钢筋直径时，应进行试验验证。

## 3 材料

### 3.1 混凝土与灌浆材料

3.1.1 根据《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工指南》的建议和我国混凝土行业的现状提出的本条要求

3.1.2 《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工指南》对上述材料都提出了明确要求，考虑到在中国开展建筑工程，因此必须满足我国相关的技术标准要求。

3.1.3 《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工指南》对灌浆料的技术要求并没有覆盖我国行业标准的全部内容，个别指标高于行标，为此提出必须双满足的要求。灌浆料和套管单项力学指标合格，套管连接性能并不一定符合设计要求，灌浆料与套管必须配套使用，如果没有经验，必须通过试验验证，各级套管连接应满足附录 C 中表 C.0.2 各项指标要求。

### 3.2 钢筋及钢材

3.2.1~3.2.4 本规程钢筋和钢材的各项力学指标，均按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 和《钢结构设计规范》GB50017 中的相应规定执行。

3.2.6 随着建筑产业化的进程，混凝土构件中的配筋应推广钢筋专业化加工配送的方式。采用钢筋焊接网片的形式有利于节省材料、方便施工、提高工程质量。有关要求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 的规定。

### 3.3 连接材料

3.3.1 套管连接参考了《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工指南》制定，如果采用 HRB500 级和高于 HRB500 级的高强钢筋，套管的抗拉强度宜不低于钢筋主材，同时应根据套管厂家提供的技术参数确定。

3.3.2 本条适用于灌浆套管连接，本条是在引进日本鹿岛技术基础上制定。

3.3.3 本条引自《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工指南》。

3.3.6 夹心保温构件连接件材质可选用金属连接件和非金属连接件，非金属连接件技术参数引自行业标准《装配式整体式混凝土结构技术规程》（征求意见稿）。

## 4 建筑与节能设计

### 4.1 一般规定

4.1.1~4.1.3 本条规定参考中国建筑标准设计研究院和中国建筑科学研究院制订的《装配式整体式混凝土结构技术规程》（征求意见稿）中 4.3.2、4.3.4~4.3.6 条进行修订。预制混凝土建筑的设计与建造是一个系统工程，需要整体设计的思想，应充分考虑结构体系与设备专业的统一协调，同时注意构配件细部尺寸应满足功能需要。

### 4.2 建筑平面设计

4.2.2 本条规定参考中国建筑标准设计研究院和中国建筑科学研究院制订的《装配式整体式混凝土结构技术规程》（征求意见稿）中 4.4.4 条进行修订。

4.2.3 本条规定参考中国建筑标准设计研究院和中国建筑科学研究院制订的《装配式整体式混凝土结构技术规程》（征求意见稿）中 4.4.7 条进行修订。

装配整体式建筑外墙的设计关键在于连接节点的构造设计。对于不同外墙板连接节点和悬挑构件、装饰构件连接节点的构造设计以及门窗连接节点的构造设计应分别满足结构、热工、防水、防火、保温、隔热、隔声及建筑造型设计等要求。

4.2.4~4.2.5 本条规定参考中国建筑标准设计研究院和中国建筑科学研究院制订的《装配式整体式混凝土结构技术规程》（征求意见稿）中 4.5.1 及 4.5.2 条进行修订。

### 4.4 内装修与设备管线设计

4.4 为实现节约能源和保护环境的战略，从根本上扭转建筑的能源浪费问题，建筑设计应严格贯彻有关的节能设计政策和法规。建筑节能设计应满足现行国家规范《公共建筑节能设计标准》GB50189，辽宁省地方标准《居住建筑节能设计标准》DB21/T1476、《公共建筑节能设计标准》DB21/T1477，及沈阳市地方规范《居住建筑节能设计标准》DB2101 J01、《公共建筑节能设计标准》DB2101 J02。建筑的体形系数、窗墙比以及围护结构的热工性能，应符合规范规定，外墙板的保温材料，应经计算确定保温层厚度；外墙板拼缝、墙角、屋顶檐口、门窗洞口等易产生的热桥部位，应采取减少或阻断热量传递的措施，加强这些部位的保温。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.2~5.1.5 装配整体式混凝土结构最大适用高度、高宽比和结构抗震等级按我国《建筑抗震设计规范确定》GB50011,但密柱框架筒是引自日本的结构型式,在我国规范没有规定,偏于安全起见,按框架—核心筒取值。按日本建筑学会《建筑工程标准技术说明书》JASS5 中钢筋混凝土工程中规定装配整体式混凝土结构高度超过为31m,宜进行弹塑性分析,。

5.1.10 伸缩缝间距参照装配式结构制定。

5.1.11 制作与施工阶段预制混凝土构件应验算承载力、变形和裂缝。

5.1.12 预制构件在脱模、吊装、施工临时支撑、构件安装、安全防护措施、外脚手架安装、设备管线安装所需预埋件应进行设计计算,并应考虑动力系数1.5。

5.1.13 参考日本的构造做法,楼梯预留水平位移为 $h/100$ 。

### 5.3 装配整体式混凝土结构拆分设计

5.3.1 装配式结构模具数量对成本影响很大,尽可能标准化、定型化、集约化,减少构件数量与种类以降低成本。根据日本鹿岛《构架式预制钢筋混凝土结构设计施工指南》,尚应注意以下几个方面:

1 对于超高层钢筋混凝土结构柱梁体系,允许在梁端部、底层柱脚、顶层柱头、支撑构件端部出现塑性铰。在允许出现塑性铰部位,原则上不宜设置套管连接。如果在构件允许出现塑性铰部位设置的套管(SA级套管)不影响构件弹塑变形能力,构件拆分原则上不受限制;

2 拆分位置在非塑性铰部位不受限制的。

5.3.2 对柱网较小结构,梁钢筋的套管连接距离柱边 $1.0h$ ,后浇混凝土工作量加大,参照日本鹿岛《构架式预制钢筋混凝土结构设计施工指南》,可采用距离柱边 $0.5h$ 处钢筋套管连接,但是塑性铰区域内存在套管连接,不利于塑性铰的转动,因此对塑性铰的转动位移进行了限制,梁曲率延性系数不应大于4,梁端转角不宜大于 $1/50$ 。

5.3.3 底层柱拆分位置应避开柱脚塑性铰区域。

### 5.4 连接部位设计

5.4.1 目的在于连接部位的承载力、刚度和延性等力学性能与整体现浇结构的性能相近或更优,实现预制混凝土结构的基本性能具有现浇混凝土同等的结构性能。

5.4.4 为了方便正常使用、承载力极限等不同状态的验算,同时考虑中国的设计习惯,参照国外相关标准的安全度水准,接合面的抗剪强度、抗剪承载力以标准值和设计值的形式给出。剪切摩擦抗剪强度、销栓抗剪承载力的设计值取标准值的0.8倍;剪力键抗剪承载力设计值与标准值之比等于混凝土强度设计值与标准值之比;接触面受压抗剪承载力与外荷载取值有关,在不同阶段的验算公式中具体给出计算方法。

1 当穿过混凝土接合面的钢筋在两侧混凝土内有充分锚固时,如果接合面发生滑移变形,在接合面产生压应力,生成剪切抗剪摩擦(简称“剪摩擦”),见图5.4.4-1 剪切抗剪摩擦。

根据国外相关资料，剪切摩擦抗剪强度计算有与混凝土强度无关的计算方法，如美国 ACI1318-05 的  $\tau_u = \mu f_{yv} p_s \leq \min(0.2 f_c, 5.5)$  和日本的  $\tau_u = \mu (p_s \sigma_y + \sigma_0) < 0.3 \sigma_B$  等。

也有与混凝土强度相关的计算方法，欧洲 Eurocode2 的  $\tau_u = cf_t = \mu f_{yv} p_s \leq 0.5(1 - f_c / 250) f_c$  等，本规范采用了与混凝土强度无关的计算公式。

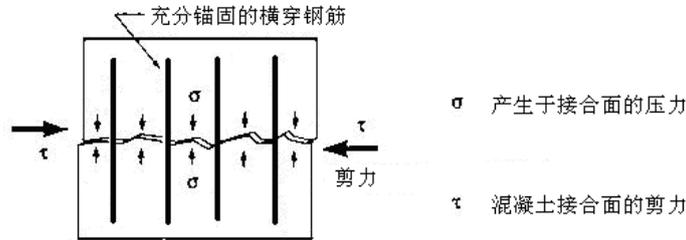


图 5.4.4-1 剪切抗剪摩擦

剪切抗剪摩擦是接合面发生滑移变形时产生，因此需要限制滑移变形时，抗剪强度应折减取值。当剪切应力达到最大（剪切强度）时，剪切面滑移变形为 0.5~1mm；当剪切应力达到最大值（剪切强度）的 1/2 时，剪切面滑移变形小于 0.25mm。

2 当横穿接合面的钢筋锚固不够充分时，利用钢筋自身弯曲产生抗剪能力，件图 5.4.4-2 销栓作用

销栓作用是想象接合面发生滑移变形时混凝土受压破坏和钢筋屈服的状态，给出了一根钢筋的销栓抗剪计算公式：

$$V_{Rk(Do)} = 1.85 A_{Do} \sqrt{f_{ck} f_{yk}}$$

销栓钢筋同时承受拉力时，其抗剪能力也降低，当钢筋拉应力为  $\sigma_s = \alpha f_{yk}$  ( $\alpha < 1$ ) 时，一根钢筋的销栓作用可按下列式计算：

$$V_{Rk(Do)} = 1.85 A_{Do} \sqrt{f_{ck} f_{yk} (1 - \alpha^2)}$$

对销栓作用的滑移量难以定量，因此当需要控制滑移变形量时，应适当降低使用混凝土强度。

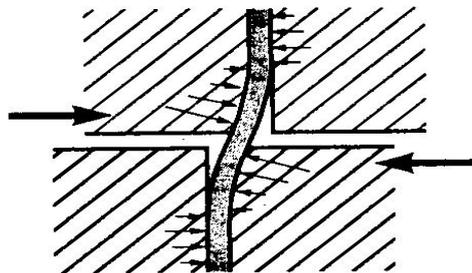


图 5.4.4-2 销栓作用

3 剪力键是指通过凹凸形状的混凝土传递剪力的抗剪机构，在剪应力达到抗剪强度以前几乎不发生接合面滑移变形。

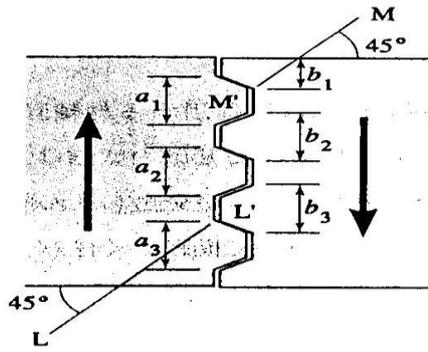


图 5.4.4-3 剪力键示意图

剪力键的承载力是由剪力键凸出部的承压强度和剪力键剪切强度二者较小者决定。如图 5.4.4-3 剪力键，设左边剪力键抗剪承载力标准值为 $V_{RL(K)}$ ，右边剪力键抗剪承载力标准值为 $V_{RR(K)}$ ，那么二者较小值为该剪切键的抗剪承载力标准值，可按下式计算：

$$V_{RL(K)} = \min \left\{ \alpha_L f_{ck} \sum_{i=1}^n w_i x_i, 0.10 f_{ckL} a_3 w_3 + 0.15 f_{ckL} \sum_{i=1}^2 a_i w_i \right\}$$

$$V_{RL(K)} = \min \left\{ \alpha_L f_c \sum_{i=1}^n w_i x_i, 0.10 f_{cL} a_3 w_3 + 0.15 f_{cL} \sum_{i=1}^2 a_i w_i \right\}$$

$$V_{RR(K)} = \min \left\{ \alpha_R f_{ck} \sum_{i=1}^n w_i x_i, 0.10 f_{ckR} b_1 w_1 + 0.15 f_{ckR} \sum_{i=2}^n b_i w_i \right\}$$

$$V_{RR(K)} = \min \left\{ \alpha_R f_c \sum_{i=1}^n w_i x_i, 0.10 f_{cR} b_1 w_1 + 0.15 f_{cR} \sum_{i=2}^n b_i w_i \right\}$$

式中： $n$ —为发生局部承压的剪力键的个数（上图中 $n=3$ ）；

$x_i$ —剪力键凸出长度；

$w_i$ —剪力键宽度；

$a_i$ —键根部高度。

另外，外边缘剪力键有可能沿如图所示的 $M-M'$ 面及 $L-L'$ 受拉破坏，故左边 $\alpha_3$ 剪力键和右边 $b_1$ 剪力键混凝土抗剪强度折减 0.7 使用。

在接合面通过剪力键传力时，混凝土局部会有很大的压力。为避免发生过大变形或混凝土局部破坏，需验算混凝土承压。承压系数参照日本指南，把 1: 2 圆柱体强度，按 $F_c = 0.83 f_{cu}$ 关系换算推得 $\alpha = 1.25$ 。

4 当没有压力作用时，混凝土接触面的摩擦抗剪强度比较离散，有压力作用时，摩擦抗剪强度相对比较稳定，因此有压力作用时的静摩擦作为摩擦抗剪强度，图 5.4.4-4 摩擦抗剪。摩擦系数 $\mu$ 参照 ACI318/95 确定。

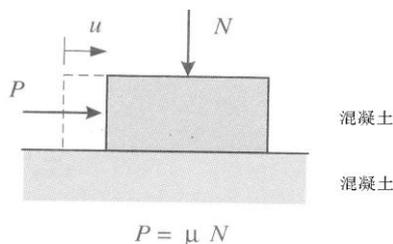


图 5.4.4-4 摩擦抗剪

摩擦抗剪是指较小压力作用下发生滑移时的抗剪强度，而受压抗剪是指接合面上同时作用弯矩、轴力和剪力，在不发生滑移变形的情况下，由于产生很大的压力，而产生的抗剪承载力。如受弯混凝土梁，由于接合面混凝土受压区的压力而产生的抗剪承载力。

5.4.4~5.4.7 引自深圳标准《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》SJG18-2009

## 5.5 构造要求

5.5.1 根据日本建筑学会《建筑工程标准技术说明书》JASS5 中钢筋混凝土工程中规定，制订表 5.5.1 中套管不同级别使用要求。

5.5.2 由于钢筋套管连接尺寸比钢筋大，且节点处梁钢筋又要躲开柱钢筋套管连接，会造成梁混凝土保护层厚度增大。《混凝土结构设计规范》GB50010 对于混凝土保护层厚度的定义修改为钢筋最外缘到混凝土表面的距离，梁柱类混凝土保护层厚度比原规范增加约 8~14mm，征求意见稿建议保护层厚度不应小于 60mm 以上宜采取有效防裂措施。

5.5.4 梁钢筋锚入柱内如果采用弯锚，预制混凝土构件生产过程钢筋穿插难度大，采用直锚有利于构件生产。直线锚固长度不能满足规范要求时，可优先选用机械直锚。机械直锚应按照 JGJ107-2010 J986-2010《钢筋机械连接技术规程》的相关规定执行。直锚长度参照日本的相关标准确定。如果为减小直锚锚固长度，采用其他直锚锚固措施，比如在端头加焊钢板，需要根据实验结果确定。

5.5.5 参照东京铁钢的套管连接技术规定制定。

5.5.7 粗糙面凹凸尺寸主要是为了加强新老混凝土的结合。如果预制混凝土构件的结合面设置了抗剪钢筋，则可根据可靠经验或试验适当减小粗糙面的凹凸尺寸(如叠合板采用了的桁架钢筋，预制混凝土板面的凹凸尺寸可以减小到 2mm~3mm)。日本的通用做法，对于梁端、预制混凝土板与梁(含墙、柱)相交部位可以做成光面，这些部位对结构受力影响很小且利于构件制作和脱模。

5.5.8 预制梁腰筋设计应考虑构件在制作、吊装、运输、安装等不利荷载组合下的受力情况进行计算。如果是构造设置腰筋可以不伸入支座，如果是抗扭腰筋一定要伸入支座或者采用套管连接。叠合梁结合面设计参考深圳市地方规范《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》SJG18 制定。

5.5.9 钢筋套管连接(注浆和注胶)费用高，为减少接头数量，梁主筋最好采用高强钢筋。由于预制梁柱钢筋需考虑纵横向钢筋交叉错位，梁纵向钢筋间距加大会引起箍筋肢距加大，可能会出现箍筋肢距不满足《建筑抗震设计规范》GB50011 要求。参考日本的规范，对钢筋最大间距没有规定限值，因此适当放宽箍筋肢距要求，但是箍筋直径和间距宜适当增大。节点构造参照鹿岛建设株式会社提供的节点构造和深圳地方规范确定。

5.5.10 桁架筋下弦筋预埋到预制混凝土板内，上弦筋是按位置和情况浇注后浇混凝土内。通过格构桁架材料，

确保了 PCa 部和后浇注部的混凝土一体性。通过桁筋，因为架设预制混凝土板时提高了刚度。桁架筋形式见图 5.5.10。

5.5.11 参照日本的规范，楼梯板水平位移限值为  $H/100$ 。

5.5.12 关于外叶墙板厚度，加拿大 CPCI 设计手册规定最小厚度为 60mm，哈尔滨宇辉集团和北京万科的外叶墙板厚度都设计为 50mm，配筋为冷拔钢丝网。外墙板内叶墙板一般采用双层双向配筋，所以最小厚度规定为 100mm，日本的外墙板最小厚度为 160mm，与主体结构大多数采用单边连接，虽然与主体结构单边连接对抗震非常有利，但是悬臂板受力不合理。日本也有部分外墙板采用底部固定连接，顶部连接，平面外限位平面内允许转动和移动。

预制混凝土结构外墙挂板属于二级受力构件，与主体结构采用柔性连接，承担相应的风荷载和地震作用。本规程推荐外墙板采用预制混凝土夹心保温外墙板。外墙板对主体结构的约束较小，对主体结构的约束可以忽略。参照鹿岛建设的施工技术指南，外墙板地震作用按照  $1g$  加速度进行计算，水平限位为  $H/100$ ， $H$  为层高。预制混凝土夹心保温外墙挂板与主体结构可采用 4 点连接（其中上部两点约束平面外位移，平面内可以有有限转动和移动）。可参考《预制混凝土外墙挂板》08SJ110-2、08SG333 的连接节点构造。外墙板（非挂板）可采用与主体结构一边连接；或者与主体结构两边连接，平面外限制位移，平面内可以有有限转动和移动。

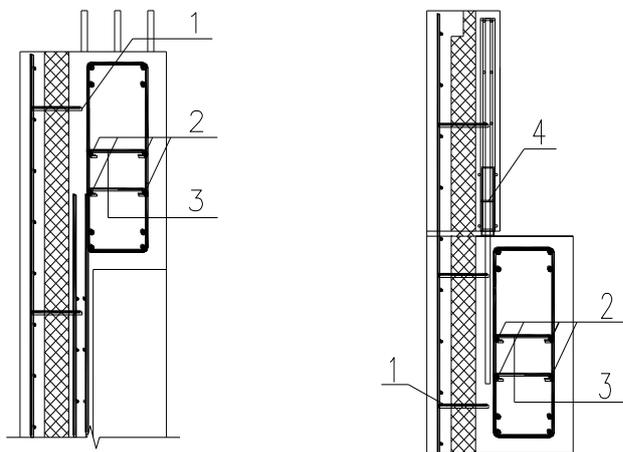


图 5.5.11-1a 外墙板与主体结构一边连接

1-专用连接件；2-腰筋；3-拉结筋；4-注浆套管连接

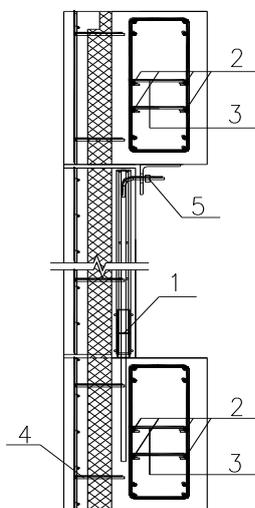


图 5.5.11-1b 外墙板与主体结构两边连接

1-注浆套管连接；2-腰筋；3-拉结筋；4-专用连接件；5-螺栓连接

5.5.13 内隔墙主要采用水泥粉煤灰空心隔墙，蒸压加气混凝土墙板、轻钢龙骨石膏板、预制混凝土空心墙板等轻质隔墙，与主体结构采用柔性连接，对主体结构约束基本可以忽略。

有些非结构构件，已有专门的规定，如玻璃幕墙等。因此对这类非结构构件，应按专门规程、标准的规定执行。其他的非结构构件，应按《建筑抗震设计规范》GB50011 规程执行。

重要机电设备应进行抗倒塌验算。可以按照 0.5g 加速度进行计算。

## 6 安装与施工

### 6.1 一般规定

6.1.1 依法对预制混凝土构件施工单位实行准入标准，并强调企业应建立管理制度体系。

6.1.2 施工项目的管理就是要贯彻“科学决策、目标控制、动态管理、节点考核”原则，提高企业的核心竞争力。

6.1.3 施工人员培训主做好认知、职业与技能三方面工作，使施工人员做到操作标准规范、行为文明礼貌。

6.1.4 在施工及竣工交付阶段要对产品提供防护。主要内容包括：合理安排施工工序，避免工序间污染；分部、分项工程验收合格即行插牌、遮挡，不得在其上行走、通行车辆、装卸材料；不得碰撞已完工的门窗及配件、防水层、止水件、预埋件；已浇筑好的砼部位应设围栏做局部封闭与保护、并不得刮、碰、撞击等。

6.1.5 可参照辽宁省地方标准《建筑工程冬期施工技术规程》DB21 / 1692 相关要求执行。同时，可参考日本鹿岛建设株式会社编制的《构架式钢筋混凝土结构设计及施工技术指南》-冬季施工要领中的相关要求执行。参考要求如下：

1 现场浇注混凝土施工，应采取避免初期冻害的有效措施；

2 柱预制混凝土构件结合部位的钢筋连接采用灌浆式套管连接时，灌浆局部环境应采暖方法保证其温度控制在正温以上。柱预制混凝土构件的温度应在 0℃ 以上；

3 梁预制混凝土构件结合部位的混凝土浇注，应使用“保温模板”或“加热模板”；

4 应进行施工环境温度、预制混凝土构件自体温度连续监测。

### 6.3 安装施工

6.3.1 参考鹿岛建设株式会社编制的《构架式钢筋混凝土结构设计及施工技术指南》

1 预制混凝土构件安装时，需要经常确认每个预制混凝土构件的代码，准确无误将预制混凝土构件安装就位。即使施工图反映是同一位置结构构件，预制混凝土构件仍必须标注具有唯一性的代码。

2 预制混凝土构件的质量较大，如果倾斜“切地”或由斜渐立（平）进行调整就位，吊装精度与成品保护都难控制。因此，吊装采用“垂直”或“水平”就位方法。

3 楼板进行平面吊装时，应采用专用托架连接固定，保证板的完整性要求。

4 参考《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 第 9.4.6 条的规定。预制混凝土构件吊装时，绳索夹角过小会使水平分力过大，引起预制混凝土构件混凝土出现裂缝。

6.3.3 清理时，可采用气枪等吹入空气进行清理。插入钢筋时，应确认连接部位的套管及灌浆料的排出口是否夹有杂物和套管连接及灌浆料的排出口是否堵塞。套管连接应在现场确认从每个出浆孔中溢出柱状浆液时，才能确认灌浆饱满。灌浆质量控制方法引自鹿岛建设株式会社《构架式预制钢筋混凝土结构设计及施工技术指南》。

6.3.4 结合面的界面处理分为以粗糙度及抗剪销钉的物理方式，以及采用界面剂进行处理的化学方式。优先采用物理方式，降低施工工艺和环境对其质量的影响。

由于过早拆模、混凝土强度不足而造成混凝土结构预制混凝土构件沉降变形、缺棱掉角、开裂、甚至塌陷的情况时有发生。为保证结构的安全和使用功能，提出了拆模时混凝土强度的要求。该强度是指同条件养

护混凝土试件的强度。

6.3.5 丙烯酸等高分子类密封材料用于预制混凝土外墙板缝、门窗、卫生间、穿墙孔及建筑连接部位等部位，除具有防水性能外，尚具有无污染、施工方便、粘接稳定、有弹性、抗紫外线、耐油、可耐水性特点。经试验验证合格后，现场密封胶嵌填时，应选择有打胶经验的劳务分包队施工。

## 6.4 质量检验

6.4.1 现场见证和文件见证系借鉴电力系统内设备监造的监管行为和记录类文件。现场见证等同于监理行为的现场见证取样和送检，文件见证是审查预制混凝土构件进场的质量保证资料。

6.4.2 预制混凝土结构施工前应进行检查的项目。

6.4.3 《装配整体式混凝土预制混凝土构件技术规程》JGJ（征求意见稿）11.4.2 条规定按“……按检验批逐个进行隐蔽工程检查，……”。试点阶段，检查标准宜适当提高标准，当积累一定量的工程业绩时，再降低至检验批。

检验方法参考鹿岛建设株式会社编制的《构架式钢筋混凝土结构与施工技术指南》。

6.4.4 引自《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》SJG18 中第 9.1.7.3 规定“……试验时，自屋面下竖向拼缝 1.0m 宽范围内淋水 40min，应形成连续水幕。……”。深圳属热带海洋性季风气候，降水丰富，每年 5 至 9 月为雨季，年平均降雨量为 1924.7 毫米。沈阳地区属北温带季节风性大陆气候，年平均降雨量在 750—850 毫米，比对后调整为 40min。

## 7 工程验收

### 7.1 结构实体检验

7.1.1 按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定的原则，在混凝土子结构验收前应进行结构实体检验。结构实体检验的范围仅限于涉及安全的柱、梁、墙等结构预制混凝土构件的重要部位，结构实体检验采用由各方参与的见证抽样形式，以保证验证结果的公正性。

对结构实体进行检验，并不是在子分部工程验收前的重新检验，而是在相应分项工程验收合格、过程控制使质量得到保证的基础上，对重要项目进行验证性检查，其目的是为了加强混凝土结构的施工质量验收，真实地反映混凝土强度及受力钢筋位置等质量指标，确保结构安全。

7.1.2 预制混凝土构件结构性能检验批的确定参考《预制混凝土构件质量检验标准》GBJ321。

7.1.3 构件试验原则上应借助将钢筋套管连接集中设置在同一个位置的试验体来进行试验；混凝土及灌浆料的强度检验，可按现行国家标准规定采用非破损或微破损检测方法检验。

### 7.2 子分部验收

7.2.1 参考《装配整体式混凝土结构技术规程》JGJ（征求意见稿）第 12.2.1 条规定，本条列出了预制混凝土结构工程验收时应提供的主要文件和记录，反映了从基本的检验批开始，贯彻施工全过程的质量控制结果。

7.2.2 参考《装配整体式混凝土结构技术规程》JGJ（征求意见稿）第 12.2.2 条规定，本条列出了须进行隐蔽工程验收的连接构造性能记录，反映出对预制混凝土构件薄弱部位的质量控制。

7.2.3 引自《建筑工程质量验收统一标准》GB50300 的规定，给出了混凝土结构子分部工程质量的合格条件。

7.2.4 参考《装配整体式混凝土结构技术规程》JGJ（征求意见稿）第 12.2.3 条规定，复合功能性指标检验应按相关技术标准执行。

7.2.5 引自《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的规定，给出了当施工质量不符合要求时的处理方法。这些不同的验收处理方式是为了适应我国目前的经济技术发展水平，在保证结构安全和基本使用功能的条件下，避免造成不必要的经济损失和资源浪费。

附录 B 引自日本建筑学会《建筑工程标准技术说明书》JASS5—钢筋混凝土工程中的规定。