



T/CECS ×××—202×

---

中国工程建设标准化协会标准

# 装配整体式钢筋错位互锚连接混凝土结构 技术规程

Technical specification for rebar staggered connection in  
monolithic precast concrete structures

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

# 装配整体式钢筋错位互锚连接混凝土结构 技术规程

Technical specification for rebar staggered connection in  
monolithic precast concrete structures

(征求意见稿)

T/CECS ××—20××

主编单位： 中国建筑第五工程局有限公司  
中国建筑科学研究院有限公司  
批准部门： 中国工程建设标准化协会  
施行日期： 20 ×× 年 × 月 1 日

中国 XX 出版社

20×× 北京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发(2021年第一批工程建设协会标准制订、修订计划)的通知》(建标协字[2021]11号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分为6章和1个附录,主要技术内容包括:总则,术语和符号,基本规定,材料,结构设计,构件生产、施工与验收等。

本规程的某些内容可能涉及外剪内框结构体系及大空间住宅楼层结构 ZL201920008598、装配式梁板连接结构 ZL201920006206、PC 构件节点连接结构 ZL201920005959 等相关专利及核心技术,涉及专利的具体技术问题,使用者可直接与本规程主编单位协商处理,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理,由中国建筑第五工程局有限公司负责具体技术内容的解释。使用过程中如有意见或建议,请寄送中国建筑第五工程局有限公司(地址:长沙市雨花区井圭路80号信和苑一区中建五局工程创新研究院,邮编:410004;电子邮箱:549558192@qq.com)。

**主 编 单 位:** 中国建筑第五工程局有限公司  
中国建筑科学研究院有限公司

**参 编 单 位:**

**主要起草人员:**

**主要审查人员:**

# 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	2
3 基本规定 .....	4
4 材料 .....	5
5 结构设计 .....	6
5.1 一般规定 .....	6
5.2 结构分析及接缝承载力设计 .....	7
5.3 连接构造 .....	9
6 施工 .....	14
6.1 一般规定 .....	14
6.2 构件安装 .....	14
6.3 后浇区混凝土浇筑 .....	16
7 验收 .....	18
7.1 一般规定 .....	18
7.2 主控项目 .....	18
7.3 一般项目 .....	19
附录 A 超高强纤维混凝土回弹-取芯法强度检验 .....	20
本规程用词说明 .....	22
引用标准名录 .....	23
条文说明 .....	24

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms and symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	2
3	Basic requirements .....	4
4	Materials .....	5
5	Structural design .....	6
5.1	General Requirements .....	6
5.2	Structural Analysis and Joint Bearing Capacity Design .....	7
5.3	Connection Structure .....	9
6	Construction .....	14
6.1	General Requirements .....	14
6.2	Component Installation .....	14
6.3	pouring .....	16
7	Acceptance .....	18
7.1	General Requirements .....	18
7.2	Dominant Items .....	18
7.3	General Items .....	19
Appendix A	Strength test of fiber reinforced ultra high-strength concrete by rebound coring method .....	20
	Explanation of Wording in This Code .....	22
	List of referenced standards .....	23
	Addition:Explanation of Provisions .....	24

# 1 总则

**1.0.1** 为在装配式混凝土结构中合理采用钢筋错位连接技术，做到安全适用、技术先进、经济合理，保证工程质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于抗震设防烈度不超过 8 度地区的装配式混凝土结构采用钢筋错位连接技术的设计、施工和验收。

**1.0.3** 装配式混凝土结构采用钢筋错位连接技术除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关工程建设规范和标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 钢筋错位连接装配式混凝土结构 precast concrete structure with rebar staggered connection

采用钢筋错位连接技术形成的装配式混凝土结构。简称钢筋错位连接结构。

#### 2.1.2 钢筋错位连接 rebar staggered connection

相邻预制构件对应位置的纵向钢筋在横向错开位置的连接方式。

#### 2.1.3 钢筋错位间距 rebar staggered distance

相邻预制构件对应位置的纵向钢筋净间距。

#### 2.1.4 超高强纤维混凝土 ultra high-strength fiber reinforced concrete

强度等级不低于 CU80 的纤维增强混凝土。

#### 2.1.5 错位连接混凝土后浇区 concrete post pouring area of rebar staggered connection

在钢筋错位连接部位采用现浇超高强纤维混凝土连接预制构件的区域。简称混凝土后浇区。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 材料性能

CU——超高强纤维混凝土强度等级；

$f_{ck}^f$ ——超高强纤维混凝土轴心抗压强度标准值；

$f_c^f$ ——超高强纤维混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{tk}^f$ ——超高强纤维混凝土轴心抗拉强度标准值；

$f_t^f$ ——超高强纤维混凝土轴心抗拉强度设计值；

$f_y$ ——普通钢筋抗拉强度设计值；

$f_{yv}$ ——横向钢筋的抗拉强度设计值。

#### 2.2.2 作用、作用效应及承载力

$N$ ——轴向力设计值；

$A_k$ ——键槽面积；

$A_c$ ——叠合梁叠合层面积；

$l_{ab}$ ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度；

$l_a$ ——纵向受拉钢筋的锚固长度；

$\zeta_a$ ——锚固长度修正系数；

$l_{aE}$ ——纵向受拉钢筋的抗震锚固长度；

$\zeta_{aE}$ ——抗震锚固长度修正系数；

$V_{mua}$ ——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；

$V$ ——剪力设计值；

$V_{jd}$ ——持久设计状况下接缝剪力设计值；  
 $V_{jdE}$ ——地震设计状况下接缝剪力设计值；  
 $V_u$ ——持久设计状况下接缝受剪承载力设计值；  
 $V_{uE}$ ——地震设计状况下接缝受剪承载力设计值。

### 2.2.3 几何参数

$s$ ——钢筋错位间距；  
 $h$ ——截面高度；  
 $A_{sd}$ ——垂直穿越接合面全部钢筋的截面面积；  
 $b$ ——叠合面的宽度；  
 $h_0$ ——截面的有效高度；  
 $d$ ——钢筋直径。

### 2.2.4 计算系数及其他

$\gamma_0$ ——结构重要性系数；  
 $\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数；  
 $\eta_j$ ——接缝受剪承载力增大系数。



### 3 基本规定

**3.0.1** 钢筋错位连接结构的建筑抗震设防分类和抗震设防标准应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的规定。除本规程另有规定外，钢筋错位连接结构的设计、施工、验收应符合国家现行标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

**3.0.2** 钢筋错位连接结构应遵循标准化与模数化设计原则。

**3.0.3** 钢筋错位连接结构的连接和节点构造应受力明确，并应满足结构承载力、刚度、延性和耐久性要求。

**3.0.4** 钢筋错位连接结构连接区段的后浇混凝土应采取措施与预制混凝土可靠连接。

**3.0.5** 钢筋错位连接结构外伸钢筋应符合下列规定：

1 满足锚固长度要求；

2 满足预制构件制作、安装及后浇混凝土施工质量控制要求。

**3.0.6** 错位连接后浇区的尺寸应满足钢筋错位连接和施工工艺的要求。

**3.0.7** 预制混凝土构件加工前宜进行符合工艺要求的深化设计。

**3.0.8** 钢筋错位连接后浇区应采用超高强纤维混凝土浇筑。

**3.0.9** 施工单位宜针对工程特点编制施工组织设计和相应的施工技术方案。

## 4 材料

**4.0.1** 超高强纤维混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作、养护的边长为 100mm 的立方体试件，在 28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度值。

**4.0.2** 超高强纤维混凝土宜采用干混料制作。干混料应符合下列规定：

- 1 原材料应分布均匀，无受潮、结块现象；钢纤维无锈蚀、结团现象；
- 2 应按品种、规格和生产厂家分别标识和贮存，并应防潮、防锈；
- 3 贮存期不应超过 3 个月。

**4.0.3** 超高强纤维混凝土干混料成品的水泥宜采用强度等级为 42.5 及以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

**4.0.4** 超高强纤维混凝土的力学性能指标宜按表 4.0.4 采用。

表 4.0.4 超高强纤维混凝土力学性能指标 (MPa)

强度	强度等级		
	CU80	CU100	CU120
轴心抗压强度标准值 $f_{ck}^f$	56.0	70.0	84.0
轴心抗压强度设计值 $f_c^f$	38.4	48.0	58.0
轴心抗拉强度标准值 $f_{tk}^f$	5.3	5.4	6.5
轴心抗拉强度设计值 $f_t^f$	3.7	3.7	4.5

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 钢筋错位连接结构的房屋最大适用高度应满足表 5.1.1 的规定。在规定水平力作用下，当钢筋错位连接剪力墙结构中预制剪力墙构件底部承担的总剪力大于该层总剪力的 80%时，其最大适用高度应取表 5.1.1 中括号内的数值。

**表 5.1.1 钢筋错位连接结构房屋最大的适用高度 (m)**

结构类型	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度(0.2g)	8 度(0.3g)
框架结构	60	50	40	30
剪力墙结构	130 (120)	110 (100)	90 (80)	70 (60)
框架-剪力墙结构	130 (120)	110 (100)	90 (80)	70 (60)

**5.1.2** 钢筋错位连接高层建筑结构的高宽比不宜超过表 5.1.2 的数值。

**表 5.1.2 钢筋错位连接高层建筑结构适用的最大高宽比**

结构类型	抗震设防烈度	
	6 度、7 度	8 度
框架结构	4	3
剪力墙结构	6	5
框架-剪力墙结构	6	5

**5.1.3** 钢筋错位连接结构抗震设计时，应根据建筑抗震设防类别、抗震设防烈度、结构类型、房屋高度等因素采取适宜的抗震等级，并应采取相应的抗震措施。丙类钢筋错位连接结构房屋建筑的抗震等级应按表 5.1.3 的确定。

**表 5.1.3 丙类钢筋错位连接结构房屋的抗震等级**

结构类型		设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
框架结构	高度(m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
	框架	四	三	三	二	二	一		
	大跨度框架	三		二			一		
剪力墙结构	高度(m)	≤70	>70	≤24	>24 且≤70	>70	≤24	>24 且≤70	>70
	剪力墙	四	三	四	三	二	三	二	一
框架-剪力墙 结构	高度(m)	≤60	>60	≤24	>24 且≤60	>60	≤24	>24 且≤60	>60
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一
	剪力墙	三	三	三	二	二	二	一	一

注：大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架。

**5.1.4** 抗震等级为一级时，高层建筑底部加强部位应采用现浇剪力墙；抗震等级为二、三级且底层墙肢轴压比不应大于 0.3 时，高层建筑底部加强部位可采用钢筋错位连接，此时结构最大适用高度应降低 10m。

5.1.5 预制构件受力主筋直径不宜大于 28 mm。

5.1.6 纵向受力钢筋应采用 HRB400 及以上规格热轧带肋钢筋，钢筋错位间距不应大于  $5d$  且不宜小于  $2d$ ，此处  $d$  为钢筋公称直径。

5.1.7 超高强纤维混凝土中纵向受拉钢筋基本锚固长度  $l_{ab}$  应按表 5.1.7 确定。超高强纤维混凝土中纵向受拉钢筋的锚固长度  $l_a$  应按下式计算：

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (5.1.7)$$

式中： $l_a$ ——纵向受拉钢筋的锚固长度；

$l_{ab}$ ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度；

$\zeta_a$ ——锚固长度修正系数，按本规程第 5.1.8 条的规定采用。

表 5.1.7 纵向受拉钢筋基本锚固长度  $l_{ab}$

强度等级	CU80	CU100	CU120
$l_{ab}$	$12d$	$11d$	$10d$

5.1.8 钢筋锚固长度修正系数应符合下列规定：

1 当带肋钢筋直径大于 25mm 时取 1.1；

2 当钢筋保护层厚度不小于  $3d$  时，修正系数可取为 0.85；

3 当纵向受力钢筋的实际配筋面积大于其设计计算面积时，修正系数取设计计算面积与实际配筋面积的比值，但对有抗震设防要求及直接承受动力荷载的结构构件，不应考虑此项修改；

4 当多于一项修正时，修正系数可连乘计算，但不应小于 0.8。

5.1.9 纵向受压钢筋的锚固长度不应小于相应受拉锚固长度的 80%。

5.1.10 超高强纤维混凝土中纵向受拉钢筋的抗震锚固长度  $l_{aE}$  应按下式计算：

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \quad (5.1.10)$$

式中： $\zeta_{aE}$ ——纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数，按表 5.1.10 取值。

表 5.1.10 纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数  $\zeta_{aE}$

抗震等级	一、二级	三级	四级
$\zeta_{aE}$	1.15	1.05	1.00

## 5.2 结构分析及接缝承载力设计

5.2.1 钢筋错位连接结构可采用现浇混凝土结构的分析方法进行结构分析。

5.2.2 结构抗震分析时，对同一楼层内既有现浇混凝土墙肢也有预制混凝土墙肢的钢筋错位连接剪力墙结构，现浇混凝土墙肢水平地震作用弯矩、剪力标准值宜乘以不小于 1.1 的增大系数。

5.2.3 钢筋错位连接结构的节点承载力计算时，混凝土后浇区强度等级按相邻预制构件取值。

5.2.4 预制构件与后浇超高强纤维混凝土之间接缝的受剪承载力应符合下列规定：

1 持久设计状况时，接缝受剪承载力应符合下式要求：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u \quad (5.2.4-1)$$

2 地震设计状况时，接缝受剪承载力应符合下式要求：

$$V_{jdE} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} \quad (5.2.4-2)$$

在梁、柱端部箍筋加密区及剪力墙底部加强部位，尚应符合式（5.2.2-3）的要求：

$$\eta_j V_{mua} \leq V_{uE} \quad (5.2.4-3)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数，安全等级为一级时不应小于 1.1，安全等级为二级不应小于 1.0；

$V_{jd}$ ——持久设计状况下接缝剪力设计值；

$V_{jdE}$ ——地震设计状况下接缝剪力设计值；

$V_u$ ——持久设计状况下梁端、柱端、剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$V_{uE}$ ——地震设计状况下梁端、柱端、剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$\gamma_{RE}$ ——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 规定采用；

$V_{mua}$ ——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；

$\eta_j$ ——接缝受剪承载力增大系数，抗震等级为一、二级取 1.2，抗震等级为三、四级取 1.1。

5.2.5 地震设计状况下，剪力墙水平接缝的受剪承载力设计值应按式（5.2.4）计算：

$$V_{uE} = 0.6 f_y A_{sd} + 0.8 N \quad (5.2.5)$$

式中： $f_y$ ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值；

$N$ ——与剪力设计值  $V$  相应的垂直于结合面的轴向力设计值，压力时取正，拉力时取负；

$A_{sd}$ ——垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积。

5.2.6 地震设计状况下，预制柱底水平接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

当预制柱受压时，应按下式计算：

$$V_{uE} = 0.8 N + 1.65 A_{sd} \sqrt{f_c f_y} \quad (5.2.6-1)$$

当预制柱受拉时，应按下式计算：

$$V_{uE} = 1.65 A_{sd} \sqrt{f_c f_y \left[ 1 - \left( \frac{N}{A_{sd} f_y} \right)^2 \right]} \quad (5.2.6-2)$$

式中： $f_c$ ——预制柱混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_y$ ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值；

$N$ ——与剪力设计值  $V$  相应的垂直于结合面的轴向力设计值，取绝对值进行计算；

$A_{sd}$ ——垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积；

$V_{uE}$ ——地震设计状况下接缝受剪承载力设计值。

**5.2.7** 叠合梁与柱竖向接缝受剪承载力设计值应按下列规定计算：

1 持久设计状况，应按下式计算：

$$V_u = 0.07f_c A_c + 0.10f_c A_k + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (5.2.7-1)$$

2 地震设计状况，应按下式计算：

$$V_{uE} = 0.04f_c A_c + 0.06f_c A_k + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (5.2.7-2)$$

式中：  $f_c$  ——预制构件混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_y$  ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值；

$A_c$  ——叠合梁端截面现浇超高强纤维混凝土叠合层截面面积；

$A_{sd}$  ——垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积；

$A_k$  ——各键槽的根部截面面积之和，按后浇键槽根部截面和预制键槽根部截面分别计算，并取两者的较小值。

### 5.3 连接构造

**5.3.1** 结构竖向构件错位连接混凝土后浇区宽度应与构件同宽，后浇区高度不应小于竖向构件错位连接的外伸钢筋长度加 15mm，且不应小于楼板厚度。

**5.3.2** 预制剪力墙的顶部和底部应设置粗糙面，且粗糙面的面积不应小于结合面的 80%、凹凸深度不应小于 6mm。

**5.3.3** 预制剪力墙宜采用边缘构件与墙身同时预制。预制剪力墙的边缘构件与墙身同时预制时，应符合下列规定：

1 边缘构件钢筋错位连接锚固长度不应小于  $1.2l_{aE}$ ，墙身钢筋错位连接长度不应小于  $l_{aE}$ （图 5.3.3），锚固长度应按最大直径钢筋确定；

2 钢筋错位连接的混凝土后浇区内应设置不少于两根连续水平钢筋（图 5.3.3），其直径不应小于 8mm。

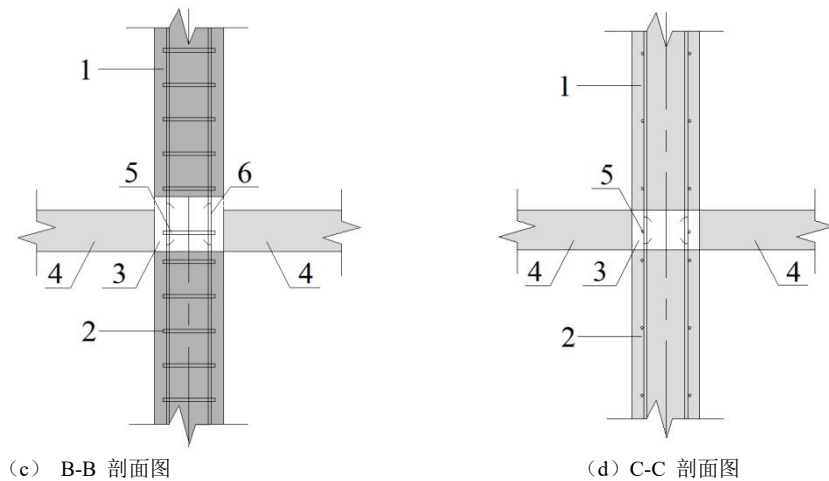
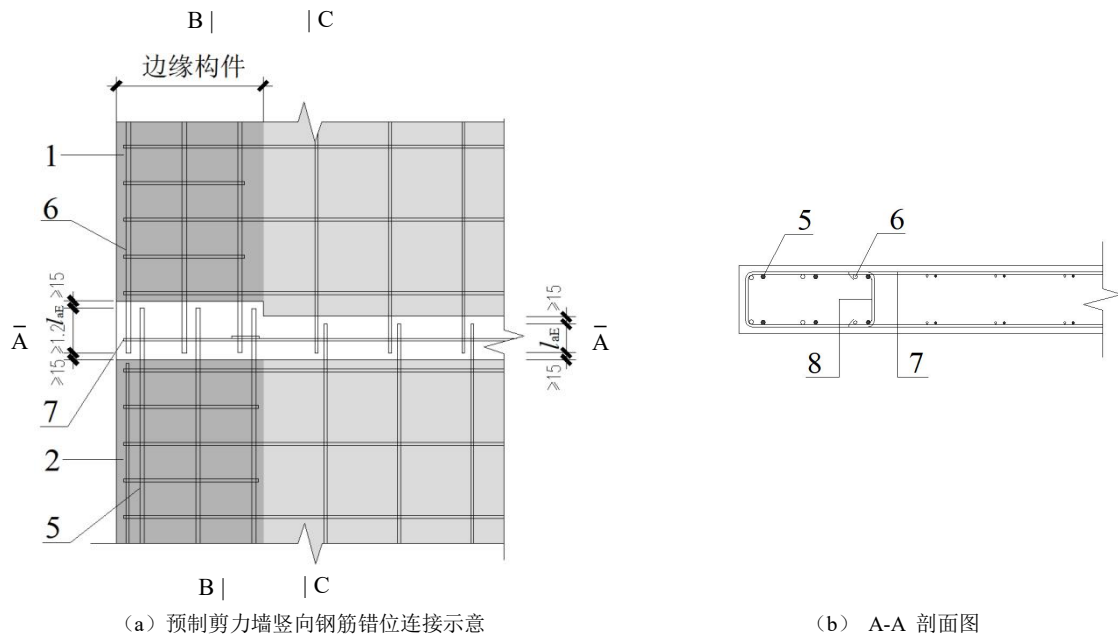


图 5.3.3 预制剪力墙竖向钢筋错位连接示意

1—上层预制剪力墙；2—下层预制剪力墙；3—混凝土后浇区；4—楼板；5—水平附加筋；  
6—边缘构件纵向钢筋；7—附加水平 U 型钢筋；8—附加水平拉筋

**5.3.4** 楼层内水平相邻预制剪力墙之间的竖向接缝后浇混凝土可采用普通混凝土，并应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的有关规定。

**5.3.5** 预制剪力墙与叠合梁在平面内连接且混凝土后浇区设置于叠合梁梁端时（图 5.3.5），叠合梁顶部、底部纵向钢筋在后浇区内错位连接长度均不应小于  $l_{aE}$ 。

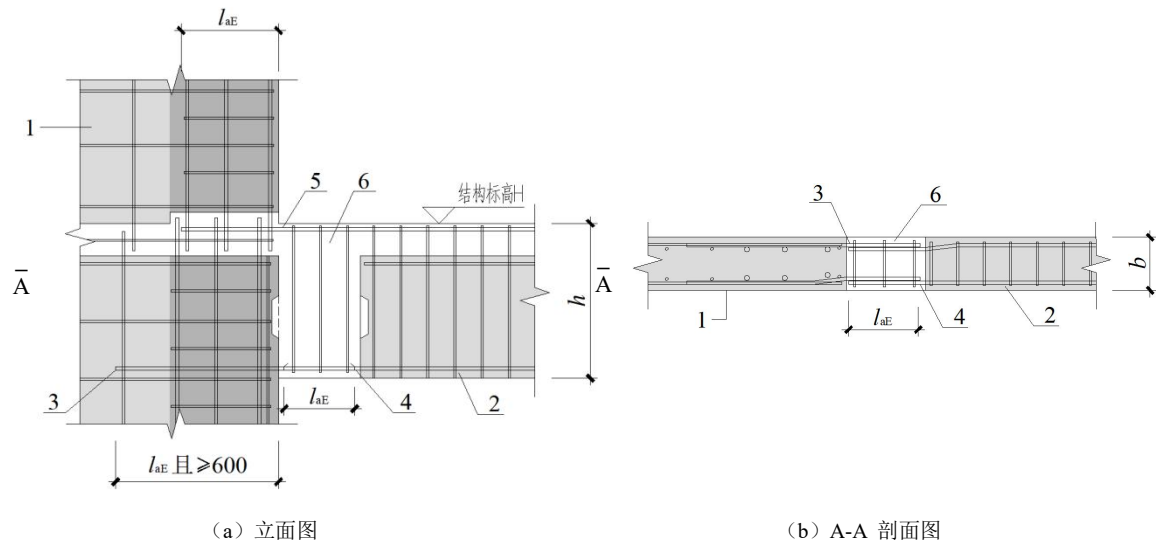


图 5.3.5 预制墙与叠合梁在平面内连接节点示意

1—预制剪力墙；2—叠合梁；3—预制墙预埋连接钢筋；4—叠合梁下部纵向钢筋；  
5—叠合梁上部纵向钢筋；6—混凝土后浇区

**5.3.6** 叠合梁下部纵向钢筋在混凝土后浇区进行搭接连接设计时（图 5.3.6），搭接连接长度不应小于  $1.6l_{aE}$ 。混凝土后浇区内应设置箍筋，箍筋间距不应大于  $5d$ （ $d$  为纵向钢筋直径），且不应大于 150mm；箍筋间距不应小于 50mm。

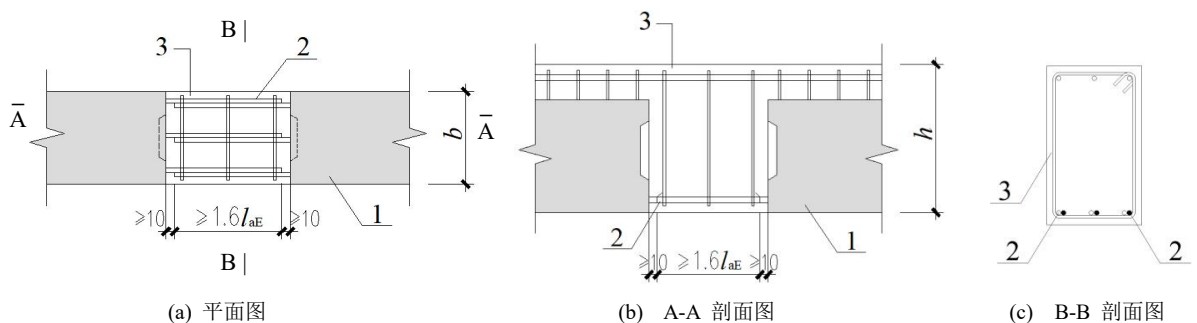


图 5.3.6 叠合梁错位连接后浇区搭接连接构造示意

1—预制梁；2—下部纵向钢筋；3—混凝土后浇区

**5.3.7** 对于预制柱与叠合梁的中间层中节点，预制柱纵向受力钢筋在混凝土后浇区进行搭接连接设计时(图 5.3.7)，搭接连接长度不应小于  $1.6l_{aE}$ 。预制柱与叠合梁顶层节点构造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。叠合梁下部纵向钢筋在混凝土后浇区内的锚固长度不应小于  $l_{aE}$ ，当梁截面尺寸不满足钢筋直线锚固要求时，宜采用钢筋锚固板锚固或弯折锚固。当叠合梁腰筋因抵抗扭矩作用而需伸入梁柱节点核心区时，叠合梁端宜采用局部现浇。



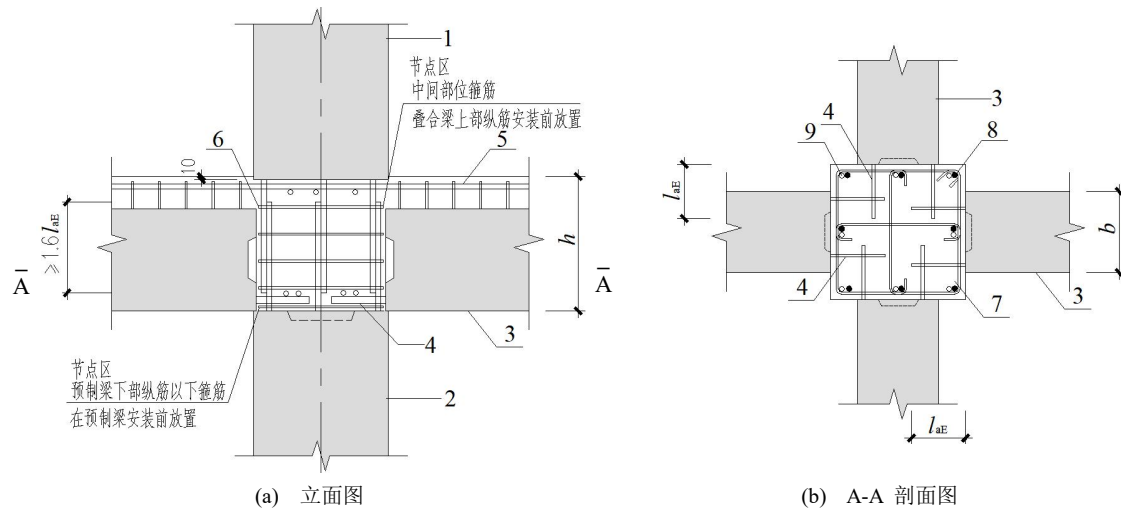


图 5.3.7 叠合梁与预制柱的中间层中节点构造示意

- 1—上层预制柱；2—下层预制柱；3—叠合梁；4—叠合梁下部纵向钢筋；5—叠合梁上部纵向钢筋；  
6—预制柱箍筋；7—混凝土后浇区；8—上层预制柱连接钢筋；9—下层预制柱连接钢筋

5.3.8 预制板端支座处，预制板下部纵向受力钢筋伸入混凝土后浇区中锚固长度不应小于  $5d$ ；预制板上部纵向受力钢筋锚固长度不应小于  $l_{ab}$ ，且宜延伸过梁中心线。

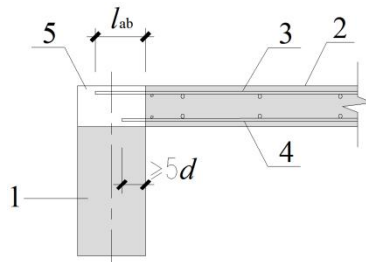


图 5.3.8 叠合梁与预制板端支座连接构造示意

- 1—叠合梁；2—预制板；3—预制板上部纵向受力钢筋；  
4—预制板下部纵向受力钢筋；5—混凝土后浇区

5.3.9 预制板按连续板设计时（图 5.3.9），预制板下部纵向受力钢筋在混凝土后浇区的锚固长度不应小于  $5d$ ，且宜伸至梁中心线；叠合梁两侧预制板上部纵向受力钢筋在混凝土后浇区的错位连接长度不应小于  $1.2l_{ab}$ 。

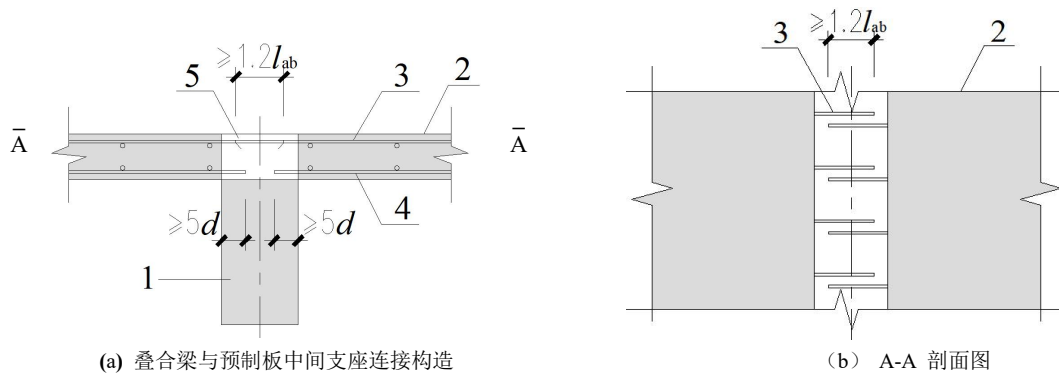
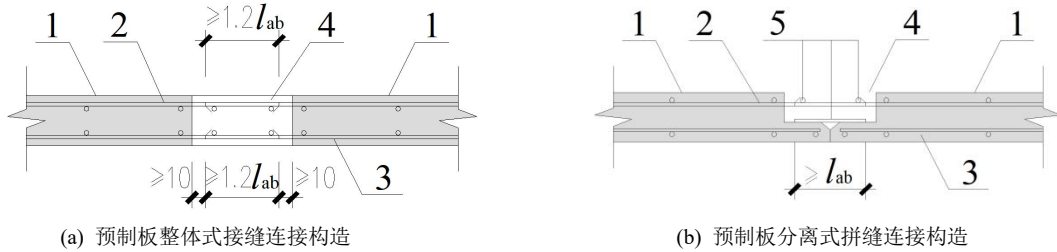


图 5.3.9 叠合梁与预制板中间支座连接构造示意

- 1—预制剪力墙；2—预制板；3—上部纵向受力钢筋；4—下部纵向受力钢筋；5—混凝土后浇区后浇区

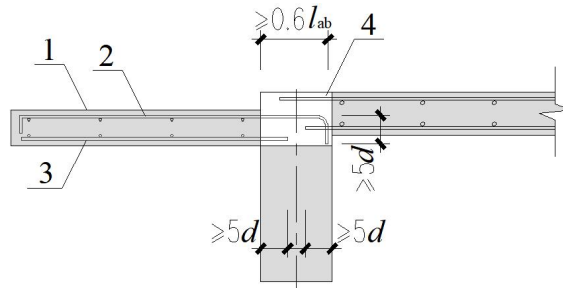
**5.3.10** 预制板整体式接缝宜设置在板的次要受力方向上且应避开最大弯矩截面。预制板纵向受力钢筋错位连接长度不应小于  $1.2l_{ab}$ ；单向预制板板侧的分离式接缝宜配置附加钢筋，预制板上部钢筋应伸出板端，其在错位连接后浇区的连接长度不小于  $l_{ab}$ 。



**图 5.3.10 预制板接缝连接构造示意图**

1—预制板；2—预制板上部纵向钢筋；  
3—预制板下部纵向钢筋；4—错位连接后浇区；5—附加钢筋

**5.3.11** 预制悬挑板纵向钢筋锚固于钢筋错位连接混凝土后浇区时，上部纵向受力钢筋锚固长度不应小于  $1.2l_{ab}$ ；当错位连接后浇区截面尺寸不满足直线锚固要求时，可采用弯折锚固(图 5.3.11)，上部纵向受力钢筋直线锚固长度不应小于  $0.6l_{ab}$ ，弯折锚固的弯折段直线长度不应小于  $5d$ 。



**图 5.3.11 预制悬挑板连接构造示意**

1—预制悬挑板；2—预制悬挑板上部纵向钢筋；3—预制悬挑板下部纵向钢筋；4—混凝土后浇区

**5.3.12** 当采用叠合板进行钢筋错位连接时，叠合板预制底板的相关构造应符合本规程 5.3.8 条~5.3.11 条的相关规定。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 钢筋错位连接结构工程施工前应编制施工组织设计和专项施工方案。
- 6.1.2** 钢筋错位连接结构施工前，应选择典型节点进行预安装和工艺评定。预制墙、柱混凝土后浇区浇筑前应进行超高强纤维混凝土施工密实度工艺试验及评定。
- 6.1.3** 预制构件进场应履行验收手续。进场验收应包括下列内容：
- 1 型号、规格、数量、完好性；
  - 2 预埋件、预留孔和外伸钢筋尺寸、规格、数量和位置；
  - 3 混凝土与钢筋的力学性能复检资料。
- 6.1.4** 预制构件现场堆放位置选择和叠放顺序应与安装要求相协调。
- 6.1.5** 构件安装前应复核构件型号与位置，构件临时支撑应与施工方案一致。
- 6.1.6** 钢筋错位连接结构后浇超高强纤维混凝土干混料应三证齐全，并提供产品说明书、使用说明书和产品性能检验报告。

### 6.2 构件安装

- 6.2.1** 钢筋错位连接结构的施工应依次按吊装准备、构件吊装就位、临时固定、浇筑准备、后浇区混凝土浇筑和养护、支撑拆除的顺序进行。
- 6.2.2** 安装施工前，应进行结合面清理、测量放线、校正构件错位连接钢筋、设置构件安装定位标识、复核并安装构件临时支撑系统。
- 6.2.3** 预制构件吊装就位后，应及时调节构件水平位置及垂直标高至设计要求，并采取临时固定措施。
- 6.2.4** 应根据设计要求、施工方案设置临时支撑；预制墙、柱除应设置临时斜向支撑外，尚应设置临时垂直支撑。临时垂直支撑应可调节预制构件高度。临时支撑系统应进行承载力、变形及稳定性验算。
- 6.2.5** 预制墙、柱吊装时，可采取下列措施设置临时垂直支撑：
- 1 预制墙吊装时，可在预制墙两端预埋调节螺杆并设置支撑套筒作为临时垂直支撑（图 6.2.5a）；预制墙临时垂直支撑数量不应少于 2 个。
  - 2 预制柱吊装时，可在预制柱中间调节螺杆并设置支撑套筒作为临时垂直支撑（图 6.2.5b）。
  - 3 预制墙、柱吊装前，应先安装临时垂直支撑并进行标高初平；吊装后，应进行校准调节使构件标高准确调整至指定位置。

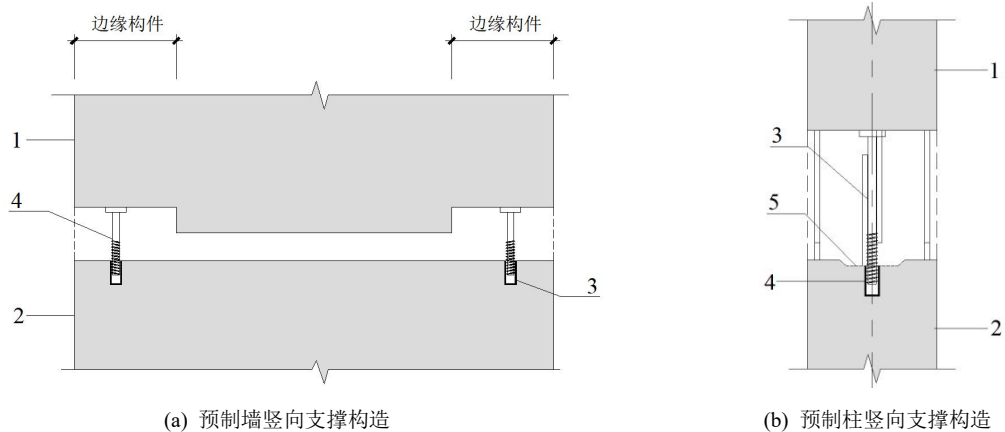


图 6.2.5 竖向结构构件临时垂直支撑构造示意

1—上层竖向结构构件；2—下层竖向结构构件；3—预埋套筒；4—调节螺杆；5—预留键槽

**6.2.6** 预制墙、柱标高调整到位后，吊装工具松勾前应设置临时斜向支撑，临时斜向支撑应符合下列要求：

1 预制墙的临时斜向支撑应设置在墙的大面，宜单面设置且不少于 2 根；预制柱的临时斜向支撑应在柱的两个垂直面同时设置。

2 临时斜向支撑上端在墙、柱上的作用点不应低于墙、柱高度的  $\frac{2}{3}$  且与墙柱面的夹角不应小于  $45^\circ$ ，临时斜向支撑的下端应锚固于刚性楼板面。

3 临时斜向支撑主体可采用圆钢管，其长细比不应大于 150，壁厚不应小于 3mm。

4 临时斜向支撑下端应设置长度可调节装置，可调节装置应具有足够的刚度且其调节范围应满足校正墙柱垂直度的要求。

5 下层墙、柱的临时斜向支撑在上层墙、柱后浇区混凝土强度达到设计强度的 70%后方可拆除。

**6.2.7** 预制板吊装后，应与相邻构件设置临时拉结点，且拉结点每侧不应少于 2 个。可通过在预制板内预埋抗侧移钢板并进行焊接连接的措施设置临时拉结点（图 6.2.7）。

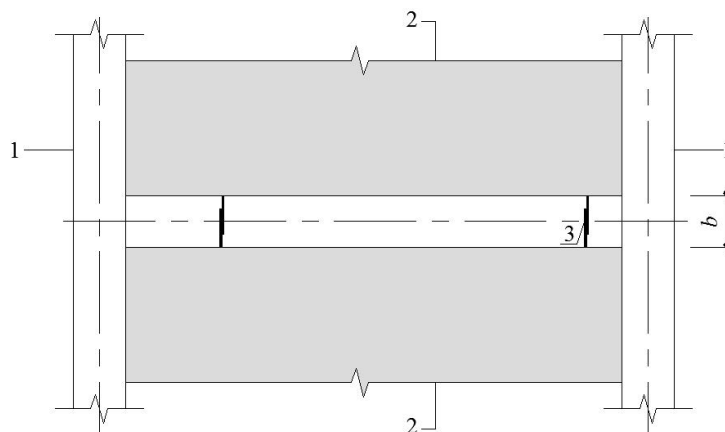


图 6.2.7 预制板抗侧移施工措施

1—叠合梁；2—预制板；3—预埋抗侧移钢板

6.2.8 预制构件安装后，应及时复核预制梁、柱、墙、板纵筋钢筋错位连接长度和钢筋错位间距。

### 6.3 后浇区混凝土浇筑

6.3.1 钢筋错位连接后浇区超高强纤维混凝土浇筑施工应符合下列规定：

1 超高强纤维混凝土搅拌应采用强制式搅拌机。搅拌机一次拌合量不宜大于其额定搅拌量的 80%；搅拌应保证拌合物质量均匀，同一盘混凝土的匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定；不得有钢纤维结团的现象。

2 超高强纤维混凝土应采用现场搅拌；当采用搅拌运输车时，超高强纤维混凝土搅拌运输车应符合现行国家标准《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408 的规定。超高强纤维混凝土拌合物从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的时间不宜长于 90 分钟；如需延长运输时间，应采取有效技术措施，并应通过试验验证。

3 超高强纤维混凝土的流动性应符合表 6.3.1 的规定；其扩展度、塌落度试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的相关规定。

表 6.3.1 超高强纤维混凝土流动性要求

强度等级	扩展度 (mm)	塌落度	扩展度经时损失 (mm)	扩展时间 (s)
CU100、CU120	600 mm~800 mm	/	≤100	3~10
CU80	/	100 mm~150 mm	/	/

4 在超高强纤维混凝土浇筑过程中，应随机抽样制作同条件试件。同条件试件应在与结构或构件相同的环境条件中成型和养护。

6.3.2 超高强纤维混凝土浇筑前，应对混凝土后浇区尺寸进行检验，每一个结构楼层可作为一个检验批。在同一检验批内，对梁、柱，应抽查构件数量的 30%，且不少于 3 件；对墙，应按代表性的自然件抽查 30%，且不少于 3 件。混凝土后浇区沿连接方向的高度允许偏差及检验方法应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 混凝土后浇区沿连接方向的高度允许偏差及检验方法

项次	检验项目及内容		允许偏差(mm)	检验方法
2	错位连接后浇区高度	墙	+20, -10	量尺检查
		柱	+20, -10	量尺检查
		梁	+20, -10	量尺检查

6.3.3 超高强纤维混凝土浇筑前，应对错位连接钢筋的外伸长度及错位连接间距进行检验，其允许偏差及检验方法应符合表 6.3.3 中的规定。

表 6.3.3 错位连接钢筋尺寸允许偏差及检验方法

项次	检验项目及内容		允许偏差(mm)	检验方法
1	错位连接长度	墙、板	+5	量尺检查
		梁、柱	+5	量尺检查
2	错位连接间距	墙、板	±10	量尺检查
		梁、柱	±20	量尺检查

6.3.4 后浇区混凝土宜采用铝合金模板，其安装允许偏差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 中现浇模板安装允许偏差的要求。模板拼缝及模板与预制构件的接缝应采取封闭措施。

**6.3.5** 超高强纤维混凝土浇筑前，宜在模板内表面刷涂脱模剂；应检查模板支撑的稳定性以及接缝的密合情况，并应保证模板在混凝土浇筑过程中不失稳、不跑模和不漏浆；应按工艺要求准备振捣器、养护保湿膜等振捣养护设备。

**6.3.6** 梁、板后浇区混凝土浇筑前，应采取可靠的拦截措施防止混凝土流入墙柱节点后浇区，拦截位置距离墙柱节点后浇区边缘不应小于 200mm 且不小于梁板后浇区混凝土的厚度。楼板与楼板拼接后浇区宜采用悬挂式模板。

**6.3.7** 墙、柱后浇区模板应在混凝土灌注一侧设置斜向开口，斜向开口的起点与预制墙柱底端的距离不小于 50mm，斜向开口顶端应高于预制墙柱底端 50mm，斜向开口模板面与墙柱面的夹角宜为 45°。

**6.3.8** 剪力墙结构施工时，待本层预制楼板吊装完毕后，宜先对梁板节点、板间接缝进行浇筑；待预制墙吊装完成后，宜再对预制墙下的混凝土后浇区进行浇筑。

**6.3.9** 超高强纤维混凝土浇筑时，每处（条）湿接缝宜一次连续浇筑完成；应顺着超高强纤维混凝土的流动从接缝的一端向另一端浇筑前进。

**6.3.10** 超高强纤维混凝土浇筑时，应及时进行振捣。对于竖向结构，宜将模板角修成圆形，可采用模板附着式振动器进行振动，对于上表面积较大的平面结构，宜采用平板式振动器进行振动。

**6.3.11** 超高强纤维混凝土浇筑完成后，应立即覆盖其外露部分，保湿养护 7 天以上。同条件养护试件的抗压强度达到 30% 后方可拆模。养护时环境平均气温宜高于 10℃，当环境平均气温低于 10℃或最低气温低于 5℃时，应按冬季施工过程处理，采取保温措施。现场养护时需采取必要的措施防止超高强纤维混凝土构件出现收缩裂缝。

## 7 验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 超高强纤维混凝土检验评定应符合下列规定：

- 1 超高强纤维混凝土检验评定应以同条件养护试件 28d 年期强度作为评定依据；
- 2 参与评定的试件强度值应在试件实测强度值基础上除以 0.88；
- 3 超高强纤维混凝土检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

的规定。

**7.1.2** 同条件养护试件的取样和留置应符合下列规定：

1 同条件养护试件所对应的结构构件或结构部位，应由施工、监理等各方共同选定，且同条件养护试件的取样宜均匀分布于工程施工周期内；

2 同条件养护试件应在超高强纤维混凝土浇筑入模处见证取样；

3 同条件养护试件应留置在靠近相应结构构件的适当位置，并应采取相同的养护方法；

4 同一强度等级的同条件养护试件不宜少于 10 组，且不应少于 3 组。每天取样不应小于 1 组；每 50m<sup>3</sup> 取样不得少于 1 组，且每层不少于 1 组。

5 每组同条件养护试件的强度值应根据强度试验结果按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定确定。

6 对同一强度等级的同条件养护试件，其强度值应除以 0.88 后按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定进行评定，评定结果符合要求时可判结构实体混凝土强度合格。

**7.1.3** 同类预制构件外伸纵向钢筋，小于钢筋错位间距最小限值 2d 的钢筋数量应控制在 5% 以内。

### 7.2 主控项目

**7.2.1** 超高强纤维混凝土强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作一组且每层不应少于 3 组 100mm × 100mm × 100mm 的立方体试块，标准养护 28 天后进行抗压强度试验。

检验方法：宜采用同条件养护试件方法；当未取得同条件养护试件强度或同条件养护试件强度不符合要求时，可采用回弹-取芯法进行检验。超高强纤维混凝土同条件养护试件强度检验应符合本规程 7.1.1 条的规定；超高强纤维混凝土回弹-取芯法强度检验应符合本规程附录 A 的规定。

**7.2.2** 待预制构件安装就位后，应及时进行后浇区混凝土浇筑，浇筑应饱满、密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查错位连接后浇区施工记录。

**7.2.3** 混凝土后浇区在浇筑混凝土前应进行隐蔽工程验收。错位连接钢筋的外伸长度及错位连接

间距应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查错位连接后浇区的隐蔽工程验收文件。

### 7.3 一般项目

**7.3.1** 后浇区混凝土的外观质量不应有一般缺陷；当出现一般缺陷时，应按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查技术处理方案和处理记录。

**7.3.2** 后浇区混凝土嵌填应均匀、顺直、密实、表面平滑，不应漏浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。



## 附录 A 超高强纤维混凝土回弹-取芯法强度检验

**A.0.1** 强度检验构件的抽取及回弹仪应符合下列规定：

- 1 同一强度等级的柱、梁、墙、板错位连接后浇区，抽取构件最小数量应符合表 A.0.1 的规定，并应均匀分布；
- 2 不宜抽取截面高度小于 300mm 的梁和边长小于 300mm 的柱；
- 3 取芯时不应截断或破坏错位连接钢筋；
- 4 应采用高强混凝土回弹仪。

表 A.0.1 回弹构件抽取最小数量

构件总数量	最小抽样数量
20 以下	全数
20~150	20
151~280	26
281~500	40
501~1200	64
1200~3200	100

**A.0.2** 每个构件应选取不少于 5 个测区进行回弹检测及回弹值计算，并应符合现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 对单个构件检测的有关规定。楼板构件的回弹宜在板底进行。

**A.0.3** 对同一强度等级的混凝土后浇区，应将每个构件 5 个测区中的最小测区平均回弹值进行排序，并在其最小的 3 个测区各钻取 1 个芯样。芯样应采用带水冷却装置的薄壁空心钻钻取，其直径宜小于 100mm，且不宜小于混凝土骨料最大粒径的 3 倍。

**A.0.4** 芯样试件的端部应采用磨平机磨平。加工后芯样试件的尺寸偏差与外观质量应符合下列规定：

- 1 芯样试件的高度与直径之比实测值不应小于 0.95，也不应大于 1.05；
- 2 沿芯样高度的任一直径与其平均值之差不应大于 2mm；
- 3 芯样试件端面的不平整度在 100mm 长度内不应大于 0.04mm；
- 4 芯样试件端面与轴线的不垂直度不应大于 1°；
- 5 芯样不应有裂缝、缺陷及钢筋等其他杂物。

**A.0.5** 芯样试件尺寸的量测应符合下列规定：

- 1 应采用游标卡尺在芯样试件中部互相垂直的两个位置测量直径，取其算术平均值作为芯样试件的直径，精确至 0.1mm；
- 2 应采用钢板尺测量芯样试件的高度，精确至 1mm；
- 3 垂直度应采用游标量角器测量芯样试件两个端线与轴线的夹角，精确至 0.1°；

4 平整度应采用钢板尺或角尺紧靠在芯样试件端面上，一面转动钢板尺，一面用塞尺测量钢板尺与芯样试件端面之间的缝隙；也可采用其他专用设备测量。

**A.0.6** 芯样试件应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中圆柱体试件的规定进行抗压强度试验。

**A.0.7** 对同一强度等级的构件，当符合下列规定时，结构实体混凝土强度可判为合格：

- 1 三个芯样的抗压强度算术平均值不小于设计要求的混凝土强度等级值的 88%；
- 2 三个芯样抗压强度的最小值不小于设计要求的混凝土强度等级值的 80%。

## 本规程用词说明

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，在条件允许时首先这样做的词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。2 规范中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010
- 2 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231-2016
- 3 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204-2015
- 4 《钢筋混凝土用钢 第 3 部分：钢筋焊接网》 GB/T 1499.3-2010
- 5 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ1-2014
- 6 《钢纤维混凝土结构设计标准》 JGJ/T 465-2019
- 7 《混凝土异形柱结构技术规程》 JGJ 149-2017
- 8 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》 JGJ 95-2011

中国工程建设标准化协会标准

钢筋错位连接装配式混凝土结构技术规程

条文说明

# 目 次

1 总 则 .....	26
2 术语和符号 .....	27
2.1 术语 .....	27
3 基本规定 .....	28
4 材料 .....	29
5 结构设计 .....	31
5.1 一般规定 .....	31
5.2 结构分析及接缝承载力设计 .....	32
5.3 连接构造 .....	32
6 构件制作、施工与验收 .....	35
6.1 一般规定 .....	35
6.2 构件安装 .....	35
6.3 后浇区混凝土浇筑 .....	37
7 验收 .....	38
7.1 一般规定 .....	38
7.2 主控项目 .....	38
7.3 一般项目 .....	38
附录 A 超高强纤维混凝土回弹-取芯法强度检验 .....	39

# 1 总 则

**1.0.1** 钢筋错位连接装配式混凝土结构具有如下创新性优势：

(1) 装配式结构构件节点连接采用后浇高性能混凝土，节点区域结构性能优异，形成“强节点，弱构件”的构造；

(2) 装配式结构构件连接钢筋采用错位连接，无需精准定位，大幅提高了现场施工建造效率；

(3) 采用可靠易检的钢筋错位连接方式，质量安全可控；

(4) 钢筋错位连接能够显著减小连接钢筋锚固和搭接长度，需现场浇筑的后浇区范围更小，装配率更高；

(5) 高性能混凝土的氯离子扩散性能、氧气渗透性能、耐酸性等明显优于普通混凝土，密实度更好，连接节点抗渗性、耐久性更好；

(6) 工业化程度高，大幅降低能源消耗，减少材料损耗，且工厂集中环保处理，有利于实现“碳达峰、碳中和”的目标。

**1.0.2** 本规程适用于民用建筑抗震设防烈度为 6 度、7 度（0.10g、0.15g）、8 度（0.20g）和 8 度（0.30g）的钢筋错位连接装配式混凝土结构的设计、施工和验收。

**1.0.3** 钢筋错位连接装配式混凝土结构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、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《钢纤维混凝土结构技术标准》JGJ/T 465、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等的相关规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

2.1.2 预制构件纵向钢筋错位连接如图 1 所示。预制构件对应位置的纵向钢筋在横向错开位置的连接方式

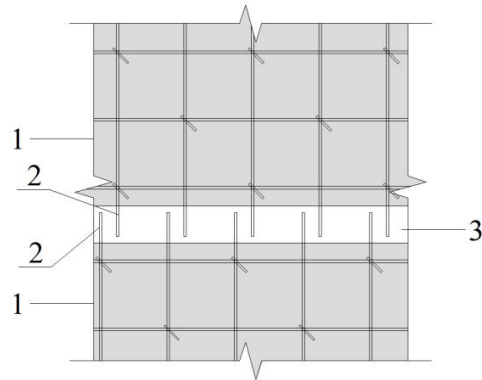


图 1 预制构件纵向钢筋错位连接示意图

1—预制构件；2—纵向钢筋；3—错位连接后浇区

2.1.3 预制构件纵向钢筋外伸方向为纵向，垂直于预制构件纵向钢筋的方向为横向。钢筋错位间距如图 2 所示。

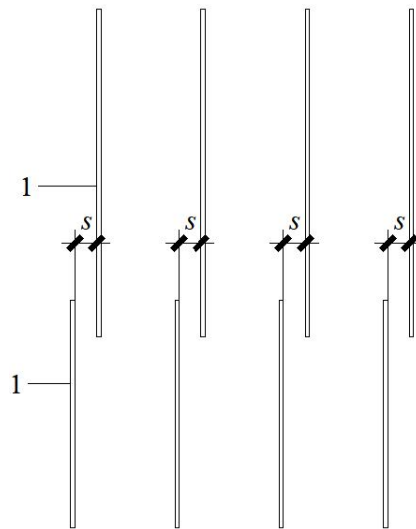


图 2 钢筋错位间距示意图

1—预制构件的纵向钢筋；S—钢筋错位间距



### 3 基本规定

**3.0.2** 预制构件钢筋错位连接的位置和尺寸是钢筋错位连接结构关键的、核心的部分。它对建筑功能、建筑平立面、结构受力状况、预制构件承载能力、工程造价等都会产生一定的影响。设计时应根据错位连接结构自身的特点，同时满足建筑模数协调、建筑物理性能、结构和预制构件的承载能力、便于施工和进行质量控制等多项要求。同时应尽量减少预制构件的种类，保证模板能够多次重复使用，以降低造价。

**3.0.3** 钢筋错位连接结构成败的关键在于预制构件之间，以及预制构件与现浇区之间的连接节点构造。连接节点构造不仅应满足结构的力学性能，尚应满足延性、变形能力、防火、耐久性等建筑物理性能的要求。

**3.0.4** 钢筋错位连接结构中，通过在预制构件之间设置混凝土后浇区，采用钢筋错位连接的方式将结构连接形成一个整体，保证其结构性能具有与现浇混凝土结构等同的整体性、延性、承载力和耐久性能，达到与现浇混凝土等同的效果。

**3.0.5** 钢筋错位连接结构中，受力钢筋采用错位连接的形式进行锚固和传力，预制构件外伸钢筋的长度应满足最小的锚固长度的要求，以保证受力钢筋的传力性能。同时，在对预制构件外伸钢筋进行设计是，应考虑预制构件标准化制作、运输、堆放、现场安装、质量控制的要求，方便预制构件工业化生产和施工现场快速安装，以提高工程质量和降低造价。

**3.0.7** 钢筋错位连接结构需要进行预制构件的深化设计，以便于预制构件的加工制作，此部分工作应由具有相应设计资质的单位完成。在预制构件深化设计阶段，应将各专业、各工种所需预留孔洞、预埋件等一并完成，避免在施工现场进行剔凿、切割，伤及预制构件，影响质量和观感。

## 4 材料

**4.0.1** 国内外研究结果表明：活性粉末混凝土立方体抗压强度的尺寸效应不明显。因此，本规程沿用《活性粉末混凝土》GB/T 31387 第 9 条规定：立方体抗压强度标准值的测定采用边长 100mm 的立方体试件作为标准试件。活性粉末混凝土强度等级的保证率取为 95%。

同时由于活性粉末混凝土中添加较多掺合料，且有常温保湿养护、标准养护和湿热养护等多种不同的养护方法，不同种类和用量掺合料和不同养护方法下活性粉末混凝土强度的发展规律会有所不同，因此本规程规定确定其立方体抗压强度的试验龄期不仅限于 28d，还可根据工程实际情况予以适当调整，具体取值规定可由设计文件确认。

**4.0.3** 本规程的核心是浇筑超高强纤维混凝土的错位连接后浇带，超高强纤维混凝土原材料的组分对超高强纤维混凝土的力学性能和结构安全有显著的影响，需要对超高强纤维混凝土原材料的组分进行具体规定，以确保超高强纤维混凝土的力学性能和结构安全。

**1** 掺合料应采用 II 级及以上等级的 F 类粉煤灰和 S95 及以上等级的粒化高炉矿渣粉。硅灰的技术指标应符合附表 4.0.3-1 的规定。当采用其他矿物掺合料时，应通过试验确定超高强纤维混凝土性能满足工程应用要求。

附表 4.0.3-1 硅灰的技术指标

项目	技术指标	检验方法
总碱量	≤1.5%	《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T27690
SiO <sub>2</sub> 含量	≥90%	
氯含量	≤0.1%	
含水率（粉料）	≤3.0%	
烧失量	≤4.0%	
需水量比	≤125%	
比表面积（BET 法）	≥15m <sup>2</sup> /g	
活性指数（7d 快速法）	≥105%	
放射性	$I_{ra} \leq 1.0$ 和 $I_r \leq 1.0$	
抑制碱骨料反应性	14d 膨胀率降低值≥35%	
抗氯离子渗透性	28d 通电量之比≤40%	

**2** CU120 等级的超高强纤维混凝土所用骨料宜为单粒级石英砂，性能指标应符合《活性粉末混凝土》GB/T 31387 的规定。CU100 等级的超高强纤维混凝土所用骨料宜采用 I 级天然砂或机制砂，技术指标应符合附表 4.1.3-2 的规定。CU80 等级的超高强纤维混凝土所用骨料包含粗骨料

和细骨料，细骨料宜采用I级天然砂或机制砂，粗骨料宜采用I类碎石。

附表 4.0.3-2 骨料的技术指标

骨料	项目	技术指标	检验方法
石英砂	二氧化硅含量	≥97%	《活性粉末混凝土》 GB/T 31387
	氯离子含量	≤0.02%	
	硫化物及硫酸盐含量	≤0.5%	
	云母含量	≤0.5%	
CU100 骨料	公称粒径/mm	2~5	《建设用卵石、碎石》 GB/T14685
	含泥量（按质量计）/%	≤0.5	
	泥块含量（按质量计）/%	0	
	针、片状颗粒总含量（按质量计）/%	≤5	
	压碎指标/%	≤10	
	坚固性（质量损失）/%	≤5	
	硫化物及硫酸盐（按 SO <sub>3</sub> 质量计）/%	≤0.5	
	吸水率/%	≤1.0	

3 CU120 和 CU100 等级的超高强纤维混凝土应采用高强度微丝纤维，其性能指标应符合 GB/T 31387 的规定。CU80 等级的超高强纤维混凝土宜采用纤维外形为端勾型的高强钢丝剪切型钢纤维，性能指标应符合附表 4.0.3-3 的规定。

附表 4.0.3-3 CU80 用钢纤维的性能指标

项目	技术指标	检验方法
抗拉强度/MPa	≥1000	《混凝土用钢纤维》GB/T39147
长度（32mm~38mm 纤维比例） <sup>c</sup> /%	≥96	
直径（0.55mm~0.75mm 纤维比例） <sup>d</sup> /%	≥90	
形状合格率/%	≥96	
杂质含量/%	≤1.0	
<sup>c</sup> 50 根试样长度平均值应在 32mm~38mm 范围内。 <sup>d</sup> 50 根试样直径平均值应在 0.55mm~0.75mm 范围内。		

4 应选用高性能减水剂，减水剂的减水率宜大于 30%。

5 掺加其他外加剂时，应通过试验确认超高强纤维混凝土性能满足工程应用要求。

4.0.4 表 4.0.4 中 CU100、CU120 的力学性能参数基于平直形钢纤维，其体积配筋率为 1.5%，长径比为 67；CU80 的力学参数基于端钩形钢纤维，其体积配筋率为 1.5%，长径比为 47。超高强纤维混凝土力学性能参数宜根据实际所采用的钢纤维品种，通过试验确定。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1~5.1.2** 钢筋错位连接结构的房屋最大适用高度和最大高宽比参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定。

**5.1.3** 钢筋错位连接结构的抗震等级参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的规定制定。

**5.1.4** 高层剪力墙结构底部加强部位是结构的塑形铰区域，对建筑物的抗震性能非常重要。一般情况下，该部位剪力墙的配筋构造比较复杂。从结构安全和构件标准化的角度考虑，采用现浇是合理的。

本规程在对钢筋错位连接结构的最大适用高度降低 10m 的基础上，再将二、三级抗震剪力墙底部加强区轴压比限值不大于 0.3，此时基本上为中等高度建筑，墙肢具有很好的延性，配筋构造也相对简单，对底部加强部位的要求可适当降低。因此，底部加强部位在此时采用错位连接结构，即能够保证结构的整体结构性能；也不会过多的增加预制构件的种类，增加构件制作和安装施工的难度；是在工程中可考虑采用的方式之一。

**5.1.5** 参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定对错位连接时的钢筋最大直径做出规定。

**5.1.6** 国内外主要规范和相关研究表明，非接触搭接时，钢筋错位净间距是影响非接触搭接接头性能的主要因素之一。钢筋错位净间距较大时，将削弱钢筋错位连接接头的传力性能，钢筋错位净间距过小时，超高强纤维混凝土中的纤维、骨料无法进入错位连接钢筋之间的间隙，难以保证施工质量。因此结合接头的传力性能和工程应用，需要对钢筋错位净间距范围做出规定。

本规程在同济大学进行的大量相关试验的基础上，同时参考国内外相关规范的规定，对钢筋错位最大净间距做出了规定。

**5.1.7** 已有研究表明：普通混凝土中受拉钢筋基本锚固长度的试验值远小于《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的取值规定。徐有邻等在 1988 年发表的文章—《钢筋与混凝土的粘结锚固强度》中表明，C30 混凝土中受拉钢筋基本锚固长度的试验值为 20~22*d*，按《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算得出的受拉钢筋基本锚固长度计算值为 35.2*d*，规范所得计算值约为试验值的 1.7 倍。

本规程在参考国内外相关研究的基础上，进行了大量的锚固试验，得出超高强纤维混凝土中受拉钢筋基本锚固长度的试验值如附表 5.1.7：

附表 5.1.7 纵向受拉钢筋基本锚固长度试验值

强度等级	CU80	CU100	CU120
试验值	$7.0d$	$6.0d$	$5.7d$

参照《混凝土结构设计规范》GB 50010 的计算要求，在受拉钢筋基本锚固长度试验值的基础上放大 1.7 倍作为本规程的基本锚固长度，如表 5.1.8-2 所示。本规程对 CU80、CU100、CU120 三种强度等级的超高纤维混凝土进行了规定，其余强度等级的超高纤维混凝土受拉钢筋基本锚固长度应再通过试验确定。

**5.1.8** 试验研究表明，钢筋保护层厚度为  $3d$  时，锚固长度的试验值为最小保护层厚度时的 0.83~0.85 倍；且保护层厚度超过  $3d$  以后对锚固长度的影响较小。本规格对保护层厚度修正系数偏安全的取 0.85。

**5.1.10** 参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定对超高强纤维混凝土中受拉钢筋的抗震锚固长度做出规定。

## 5.2 结构分析及接缝承载力设计

**5.2.2** 参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的相关规定考虑后浇混凝土接缝对剪力墙抗侧刚度的影响，放大现浇墙肢在水平地震作用下的剪力和弯矩。

**5.2.7** 错位连接结构中，叠合梁结合面受剪承载力的组成主要包括：新旧混凝土结合面的粘结力、键槽的抗剪能力、超高强纤维混凝土现浇层的抗剪能力、梁纵向钢筋的销栓抗剪能力。

已有研究表明：超高强纤维混凝土现浇层的抗剪能力明显优于普通混凝土现浇层的抗剪能力。因相关工程实践偏少，本规程偏安全的不考虑超高强纤维混凝土现浇层对抗剪能力的提升作用，超高强纤维混凝土现浇层的抗剪能力取同面积普通混凝土现浇层的抗剪能力。叠合梁结合面受剪承载力公式参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的相关规定执行。

## 5.3 连接构造

**5.3.1** 混凝土后浇区的宽度应根据预制构件的宽度确定，以保证结构构件的连续性和观感。外伸钢筋在错位连接后浇区进行错位连接，混凝土后浇区的厚度需要满足钢筋错位连接的设计要求和现场安装的要求。

混凝土后浇区直接影响着预制剪力墙错位连接接头区域的受力性能，设计时需要考虑混凝土后浇区的宽度和高度。此外，为保证混凝土后浇区的浇筑质量，设计阶段需要预留一定的施工空间以保障混凝土后浇区浇筑密实和饱满。可按图 3 所示在预制剪力墙下端按一定间距预留灌浆孔。

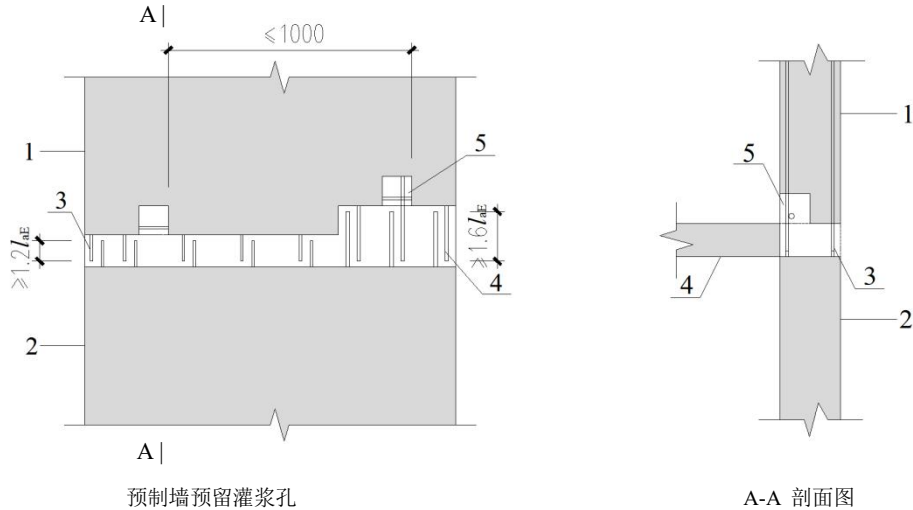


图3 预制剪力墙预留灌浆孔构造示意图

1—上层预制剪力墙；2—下层预制剪力墙；3—墙身纵向分布钢筋；4—边缘构件纵向钢筋；5—预留灌浆孔；

**5.3.2** 在预制剪力墙的顶部和底部设置粗糙面，有利于保证剪力墙在楼层处的水平接缝受剪承载力的同时，加强超高强纤维混凝土与预制剪力墙的粘结性能，提高现浇超高强纤维混凝土与预制构件之间的整体性。

**5.3.3** 研究表明钢筋连接范围内横向钢筋可对连接钢筋提供横向约束，改善钢筋与混凝土间的粘结性能，限制钢筋屈服范围向连接区域中心的渗透，进而改善接头受力性能。混凝土后浇区边缘构件处设置水平附加筋替代箍筋时，需采取相应的措施。

钢筋错位连接结构主要节点连接图示如图4所示：

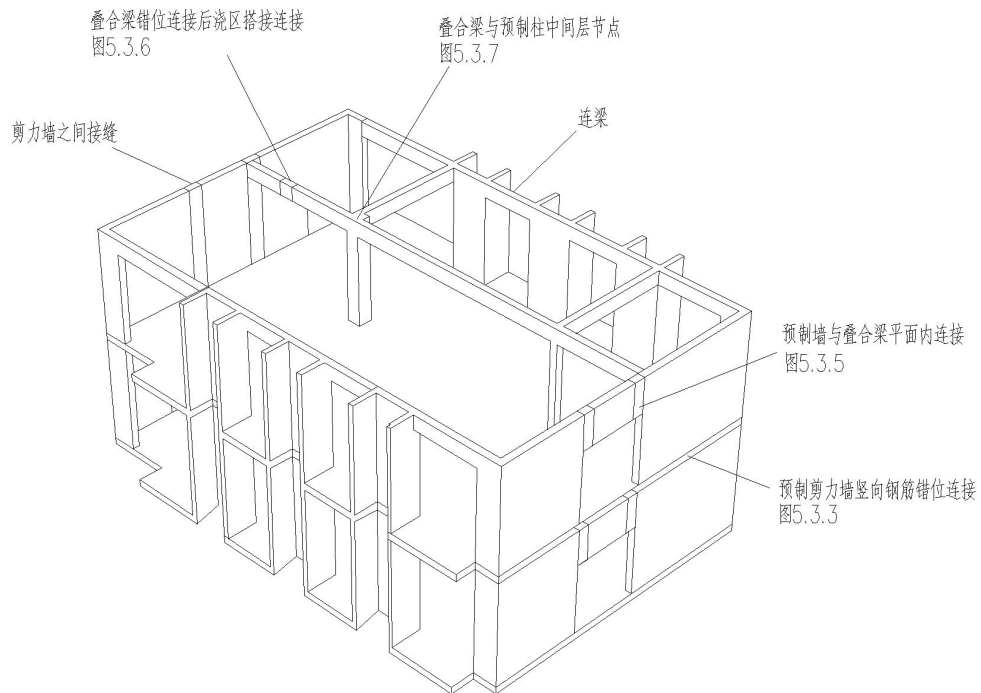


图4 钢筋错位连接结构主要节点连接示意图

5.3.4 考虑当前超高强纤维混凝土市场价格相对较高的客观情况，从工程整体经济性出发，楼层内水平相邻预制剪力墙之间的竖向接缝可采用普通混凝土后浇。如图4所示。

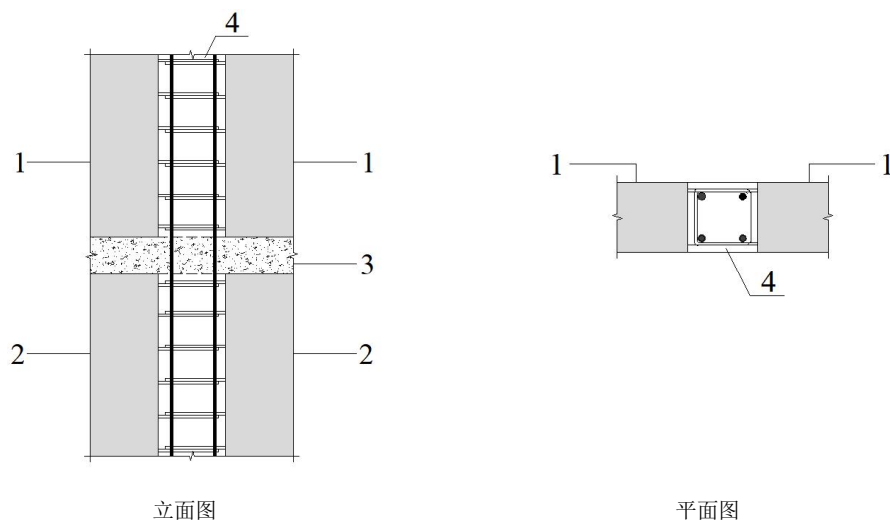


图5 钢筋错位连接剪力墙竖向接缝后浇普通混凝土示意图

1—上层预制剪力墙；2—下层预制剪力墙；3—混凝土后浇区；4—剪力墙竖向接缝；

5.3.5 考虑预制剪力墙构件制作和现场安装的可操作性，预制剪力墙与叠合梁平面内错位连接时，接缝设置于叠合梁端部，预制剪力墙与叠合梁内预留外伸钢筋在接缝处错位连接。

5.3.8 为保证楼板的整体性及传递水平力的要求，预制板内的纵向受力钢筋在板端宜伸入支座。研究表明，钢筋在超高强纤维混凝土具有更好的粘结、锚固性能，可缩短钢筋的锚固及构造长度。

5.3.9 预制板中间支座，预制板上部纵向钢筋错位连接，使预制板在中间支座连续受力并具有良好的整体性能，可按连续板进行设计。

5.3.10 错位连接结构的整体式接缝构造，参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1中整体式接缝构造设计。预制板接缝处设置混凝土后浇区，混凝土后浇区具有一定的宽度以实现楼板纵向钢筋错位连接；实现钢筋和混凝土的连续受力，形成“整体式接缝”。

## 6 构件制作、施工与验收

### 6.1 一般规定

**6.1.3** 为避免由于设计或构件制作过程中可能导致的工程实施障碍或损失，保证预制构件的准确安装及混凝土后浇区的施工质量，特提出应对纵向钢筋外伸长度、间距，预埋件等进行检验复核。

**6.1.5** 钢筋错位连接结构的构件的临时支撑方案，尤其是竖向构件的临时支撑方案，直接关系到施工安全，安装前需在施工方案中体现。预制墙临时支撑可参考图 6 所示：

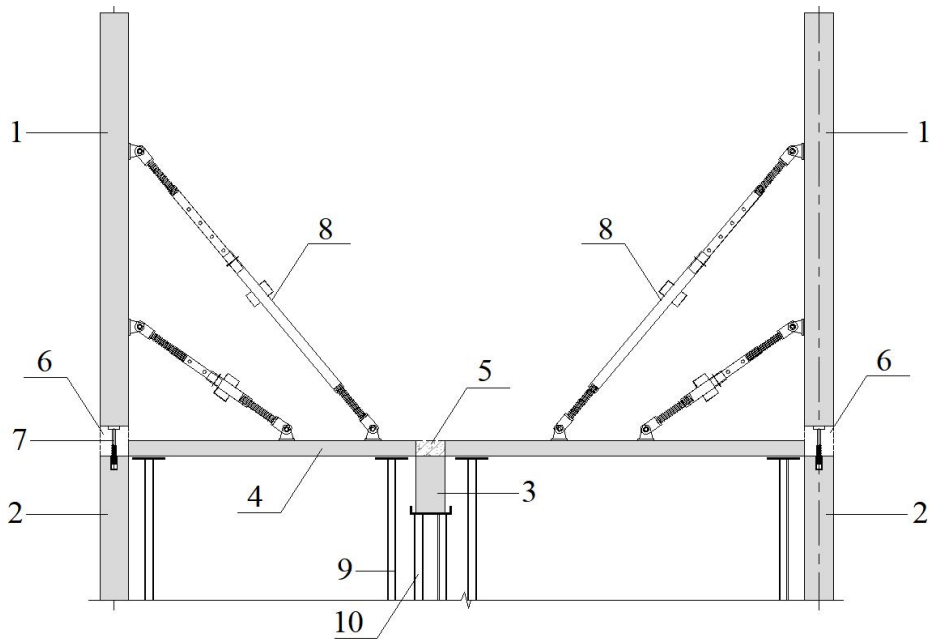


图 6 预制墙安装示意

1—上层预制墙；2—下层预制墙；3—预制梁；4—楼板；5—梁板混凝土后浇区；  
6—预制墙混凝土后浇区；7—临时垂直支撑；8—临时斜向支撑；9—楼板支撑；10—预制梁支撑

### 6.2 构件安装

**6.2.1~6.2.2** 钢筋错位连接是一种新型的连接技术，其施工顺序与其他装配式结构存在一定的差异，现场施工可以参考图 7 的施工流程进行施工。



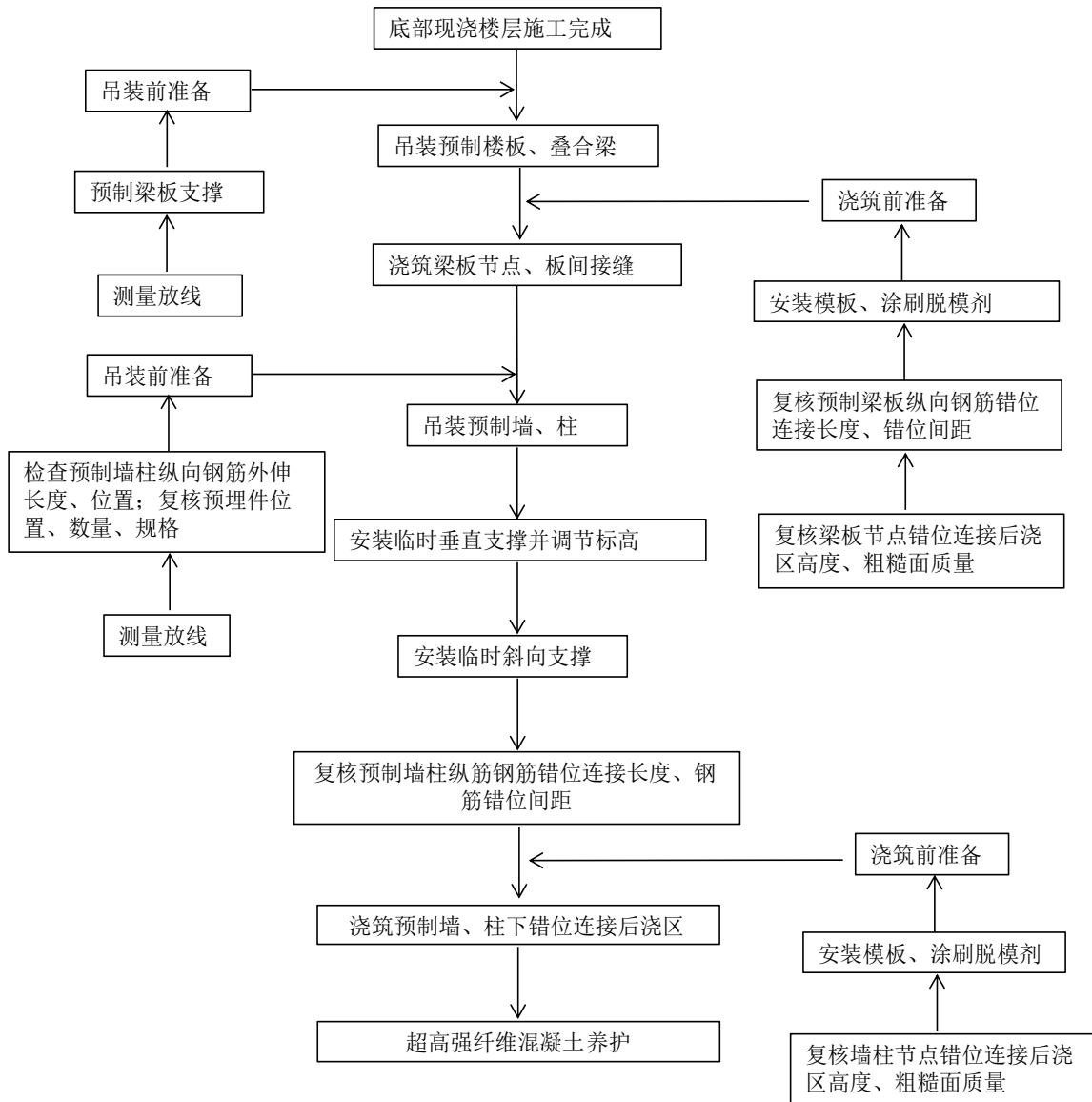


图7 钢筋错位连接结构施工流程图

**6.2.4** 预制构件的临时固定措施是装配式结构构件安装的关键，钢筋错位连接结构中，预制墙、柱的纵向钢筋伸出构件底部，并与下一层预制墙、柱顶部伸出的纵向钢筋进行错位连接；不仅需要设置斜撑阻止构件的横向倾覆，而且需要设置临时垂直支撑来承受构件的竖向自重；以确保构件安装的安全和效率。

**6.2.5** 预制墙、柱吊装时，设置预埋套筒加调节螺杆的方式做为预制墙、柱的临时垂直支撑，在承受预制构件竖向自重的同时，可通过调节螺杆准确调整预制墙、柱至指定标高。

**6.2.7** 根据工程施工经验，预制板在吊装完后易受现场施工因素的干扰产生侧向扰动，从而导致预制板外伸钢筋的位置发生改变，需要设置临时固定措施减少预制板的横向位移；以确保预制板连接节点处的施工质量。

### 6.3 后浇区混凝土浇筑

**6.3.1** 流动性是超高强纤维混凝土浇筑时的关键因素，流动性过低，将难以浇筑密实，直接影响混凝土后浇区浇筑质量，从而影响连接节点结构性能。

**6.3.2** 混凝土后浇区的高度对构件安装、钢筋错位连接长度及混凝土后浇区浇筑质量均有重要影响，应在超高强纤维混凝土浇筑前进行检验并严格控制。

**6.3.3** 错位连接钢筋的连接长度和错位连接间距是钢筋错位连接技术的核心点，直接影响钢筋错位连接结构的受力性能和结构整体性，应在超高强纤维混凝土浇筑前进行检验并严格控制。

**6.3.4** 超高强纤维混凝土浇筑时对模板的压力大，浇筑时易漏浆及涨模，因此，模板工程是超高性能混凝土施工的关键环节之一。金属铝模板密闭性好，精度高的特点可以更好的保障超高强纤维混凝土的浇筑质量。

**6.3.5** 相比于普通混凝土，超高强纤维混凝土具有更好的粘结能力，为避免拆模时凿伤构件或影响构件观感设置脱模措施，确保构件质量和施工效率。

**6.3.9** 超高强纤维混凝土接缝一次浇筑完成，有利于保障接缝的浇筑质量和结构的整体性；利用超高强纤维混凝土自流平性能沿流动方向浇筑，更有利于接缝浇筑密实。

**6.3.10** 机械振捣易使超高性能混凝土均匀和密实，但振动时间过长易使混凝土产生离析和分层。钢纤维露出混凝土表面不利于安全，也不利于质量，应该避免。对于竖向结构，可将模板修成圆角，采用模板附着式振动器进行振动；对于上表面积较大的平面结构，可采用平板式振动器进行振动，再用表面带凸棱的金属圆辊将竖起的钢纤维压下，然后用金属圆辊将表面滚压平整，待超高性能混凝土表面无泌水时，可用金属抹刀抹平。

**6.3.11** 超高性能混凝土的养护与普通混凝土不同。养护方式是否合理对于超高性能混凝土的性能发展有明显影响。超高性能混凝土的胶凝材料用量高，水化速率快。即使结构体积不大，其水化热也较大。现场浇筑的超高性能混凝土浇筑完成后，应尽早覆盖，保湿养 7d 以上，以尽量提高其中的胶凝材料的水化程度。现场养护时需采取必要的措施防止超高性能混凝土构件出现收缩裂缝。覆盖养生薄膜进行养护时，不宜损坏超高性能混凝土。保湿养护过程中应加强巡查力度，发现有缺水部位时，应及时补水养护。

## 7 验收

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 超高强纤维混凝土为现场浇筑混凝土，其检验评定参照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求执行。

**7.1.2** 本条参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中对混凝土结构实体检验用同条件养护试件的取样和留置要求，规定了超高强纤维混凝土结构实体检验用同条件养护试件的取样和留置要求。

### 7.2 主控项目

**7.2.1** 参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 对超高强纤维混凝土结构实体检验用同条件养护试件强度检验方法进行了规定。

**7.2.2** 混凝土后浇区的密实度是质量验收的重点，施工时应做好检查记录，提前制定有关施工和质量控制方案。超高强纤维混凝土的浇筑应饱满密实，其浇筑质量直接影响钢筋错位连接技术的力学性能。

**7.2.3** 钢筋错位连接技术是本规程的核心内容，错位连接钢筋的连接长度及错位连接间距、钢筋构造等是影响钢筋错位连接的接头质量的主要因素，直接影响钢筋错位连接结构的受力性能和结构整体性，应对施工中的各个环节进行严格把控。

### 7.3 一般项目

**7.3.1** 预制构件与混凝土后浇区结合的界面统称为结合面，结合面的表面一般要求在预制构件上设置粗糙面，粗糙面的设置影响结合面处新旧混凝土的粘结性能，粗糙面质量应符合设计要求。

**7.3.2** 混凝土后浇区应按现浇结构构件的外观质量要求检查和处理。

## 附录 A 超高强纤维混凝土回弹-取芯法强度检验

**A.0.1** 本条参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中的要求，规定了错位连接后浇区采用回弹-取芯法进行结构构件实体检验时的原则和数量。

**A.0.2~A.0.7** 参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中的要求，对错位连接后浇区采用回弹-取芯法进行结构构件实体检验时的测区布置、回弹值检测及计算、取芯位置及尺寸、强度合格标准等进行了规定。