



**CECS XXX:XXXX**

---

中国工程建设协会标准

# 焊接钢筋网叠合混凝土结构技术规程

Technical specification for welded steel mesh composite concrete  
structure

(征求意见稿)

中国 XX 出版社



中国工程建设协会标准

# 焊接钢筋网叠合混凝土结构技术规程

Technical specification for welded steel mesh composite concrete  
structure

(征求意见稿)

**CECS XXX:XXXX**

中国 XX 出版社

201X 北京

## 前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发 2018 年第二批协会标准制订、修订计划的通知》（建标协字[2018]030 号）的要求，制定本规程。

装配式整体叠合结构体系包含叠合剪力墙、叠合柱、叠合梁、叠合板等预制构件，竖向叠合构件的预制部分包含空腔，水平叠合构件下层为预制部分，内部均配置焊接成型钢筋网片或钢筋笼，构件间的钢筋采用机械连接或搭接，预制部分既参与受力又兼做模板，在竖向构件内部空腔及水平构件顶层现场浇筑混凝土形成整体受力结构。

本规程共分 11 章，主要内容包括：总则，术语，基本规定，材料，结构设计基本规定，叠合剪力墙结构设计，叠合框架结构设计，叠合框架-剪力墙结构设计，预制构件数字化深化设计，构件制作与运输，施工与验收。

本规程某些内容可能涉及装配式建筑结构体系 2018110899290、预制剪力墙体及预制剪力墙体生产方法 2018110899286、预制三明治墙体及预制三明治墙体生产方法 2018110899271、框架结构体系 2018107382429、预制柱壳、柱体和框架结构体系 2018210740561、预制梁壳、梁体和框架结构体系 2018210740684 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，由三一筑工科技有限公司负责解释。执行本规程中如有意见或建议，请寄送三一筑工科技有限公司（地址：北京市昌平区北清路 8 号，邮政编码：102200）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

# 目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	3
3	基本规定.....	7
4	材料.....	8
5	结构设计基本规定.....	10
5.1	一般规定.....	10
5.2	预制构件设计.....	12
5.3	叠合楼盖设计.....	13
5.4	叠合地下室外墙设计.....	15
6	叠合剪力墙结构设计.....	20
6.1	一般规定.....	20
6.2	构件设计.....	22
6.3	连接设计.....	27
7	叠合框架结构设计.....	42
7.1	构件设计.....	42
7.2	连接设计.....	44
8	叠合框架-剪力墙结构设计.....	50
9	预制构件数字化设计.....	53
9.1	一般规定.....	53
9.2	预制构件数字化设计要求.....	53
9.3	预制构件图纸要求.....	55
9.4	预制构件数据交互要求.....	55
10	构件制作与运输.....	57
10.1	一般规定.....	57
10.2	设备与模具.....	58
10.3	钢筋加工与预埋件.....	62
10.4	成型、养护及脱模.....	63

10.5	预制构件检验.....	64
10.6	堆放与运输.....	68
11	施工与验收.....	70
11.1	一般规定.....	70
11.2	施工准备.....	71
11.3	构件安装与连接.....	71
11.4	质量验收.....	74
附录 A	预应力叠合板构造.....	76
	本规程用词说明.....	82
	引用标准名录.....	83

## Contents

1	General.....	1
2	Terms.....	3
3	Basic Requirements .....	7
4	Materials .....	8
5	Structural Design .....	10
	5.1 General Requirements.....	10
	5.2 Component Design.....	12
	5.3 Composite Slab Design.....	13
	5.4 Composite Retaining Wall Design.....	15
6	Design of Composite Shear Wall Structure .....	20
	6.1 General Requirements.....	20
	6.2 Component Design.....	22
	6.3 Connection Design.....	27
7	Design of Composite Frame Structure .....	42
	7.1 Component Design.....	42
	7.2 Connection Design.....	44
8	Design of Composite Frame-Shear Wall Structure .....	50
9	Design of Digital Deepening .....	53
	9.1 General Requirements.....	53
	9.2 Digital Deepening Design requirements.....	53
	9.3 Drawing Requirements .....	55
	9.4 Data Interaction Requirements .....	55
10	Manufacturing and Transportation.....	57
	10.1 General Requirements.....	57
	10.2 Equipment and Die .....	58
	10.3 Steel Processing and Embedded Parts .....	62
	10.4 Forming、Curing and Demoulding.....	63

10. 5 Prefabricated Component Inspection .....	64
10. 6 Storage and Transportation .....	64
11 Construction and Quality Acceptance .....	70
11. 1 General Requirements .....	70
11. 2 Construction Preparation.....	71
11. 3 Component Installation and Connection.....	71
11. 4 Quality Acceptance .....	74
Appendix A Construction of Prestressed Composite Slab.....	76
Explanation of Wording in This Specification.....	82
List of Quoted Standards .....	83

# 1 总则

**1.0.1** 为规范和促进装配式整体叠合混凝土结构的推广应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、方便施工、确保质量，制定本规程。

**【条文说明】**在装配式混凝土结构的实践中，以实心预制混凝土构件为主的结构体系存在诸多问题及难点，如预制构件侧面出筋导致的构件生产自动化程度低，现场钢筋连接导致的质量管控困难，构件自重大导致运输不便、塔吊型号大、现场吊装困难，后浇段连接导致的模板及钢筋作业量大，人工需求量大等。以上因素综合导致了目前装配式混凝土结构效率低下，成本增加。

在此背景下，三一筑工科技有限公司依托三一快而居智能装备优势，将工业化思维融入建筑业，联合中国建筑科学研究院开展了一系列关于装配式整体叠合混凝土成套技术的开发和研究工作。

该体系具有如下创新性优势：

(1) 该体系包含叠合剪力墙、叠合柱、叠合梁等预制构件，可构建剪力墙、框架、框架-剪力墙结构体系，实现了住宅、办公、商业等大众化建筑形式的全覆盖；

(2) 竖向构件内核及连接节点为整体现浇，结构整体性好，解决了装配式建筑易开裂、防水性能差等质量通病；

(3) 叠合剪力墙采用成型焊接钢筋笼构造，确保钢筋笼处于整体受力状态，结构整体性优于桁架钢筋形式叠合剪力墙；

(4) 体系采用可靠易检的钢筋搭接连接方式，质量安全可控；

(5) 装配式叠合结构体系均采用机械焊接钢筋网片构造，配套自主研发的钢筋智能化焊接成笼装备，可实现高度工业化、自动化生产，并节省人工，降低综合生产成本；

(6) 构件质量轻，便于运输、吊装及安装；

(7) 叠合预制部分既参与受力又兼做模板，可大量减少外模板使用；

(8) 叠合剪力墙边缘构件采用分离式暗柱连接，其钢筋笼均为工厂自动成型，辅助定型铝模及安装装备，大幅提高了现场施工建造效率。试验验证表明其受力性能等同于现浇结构。

(9) 体系工业化程度高，大幅降低能源消耗，减少材料损耗，且工厂集中

环保处理，有利于实现四节一环保的要求。

目前的国家及行业标准体系中，关于叠合剪力墙和叠合框架结构的专门标准较少，且尚无与机械焊接钢筋网叠合构件相关的规定，结构体系实际的应用缺少相应规范标准支撑。

**1.0.2** 本规程适用于民用建筑抗震设防烈度为 6 度至 8 度抗震设计的装配式整体叠合混凝土结构的设计、生产运输、施工和质量验收。

**1.0.3** 装配式整体叠合结构的设计、生产运输、施工和质量验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

**【条文说明】**装配式整体叠合结构设计应符合现行国家标准《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 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的相关规定。

## 2 术语

### 2.0.1 装配式整体叠合混凝土结构 monolithic precast composite concrete structure

全部或部分采用叠合剪力墙、叠合柱和叠合梁的装配式混凝土结构,简称“叠合结构”。包括装配式整体叠合剪力墙结构、装配式整体叠合框架结构、装配式叠合整体框架-剪力墙结构。

### 2.0.2 装配式整体叠合混凝土剪力墙结构 monolithic precast composite shear wall structure

全部或部分剪力墙采用叠合剪力墙的装配式混凝土剪力墙结构。简称“叠合剪力墙结构”。

### 2.0.3 装配式整体叠合混凝土框架结构 monolithic precast composite frame structure

全部或部分框架柱、框架梁采用叠合柱、叠合梁的装配式混凝土框架结构,简称“叠合框架结构”。

### 2.0.4 装配式整体叠合混凝土框架-剪力墙结构 monolithic precast composite frame structure with shear wall

全部或部分梁、柱采用叠合梁、柱,并与叠合剪力墙或现浇剪力墙通过可靠连接形成整体的装配式混凝土框架-剪力墙结构。简称“叠合框架-剪力墙结构”。

### 2.0.5 预制空心墙板 precast hollow wall panel

由成型钢筋笼及两侧预制墙板组成,中间为空腔的预制构件。

【条文说明】预制空心墙板示意如图 1 所示。

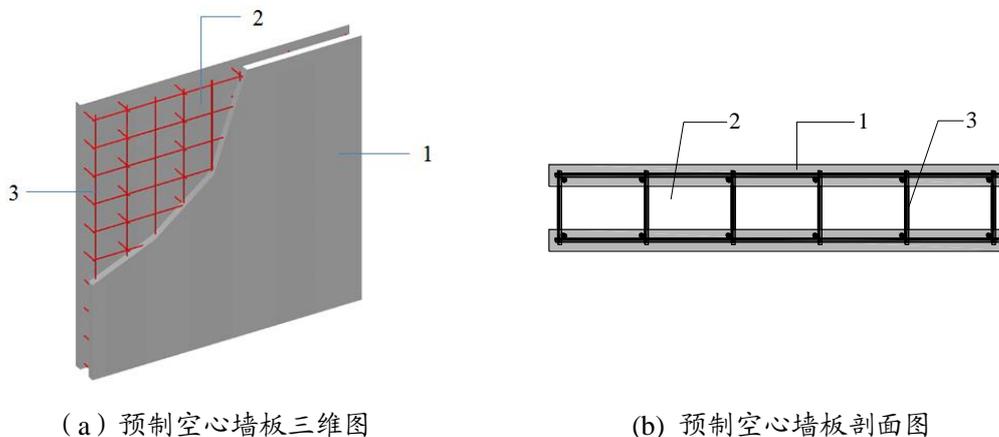


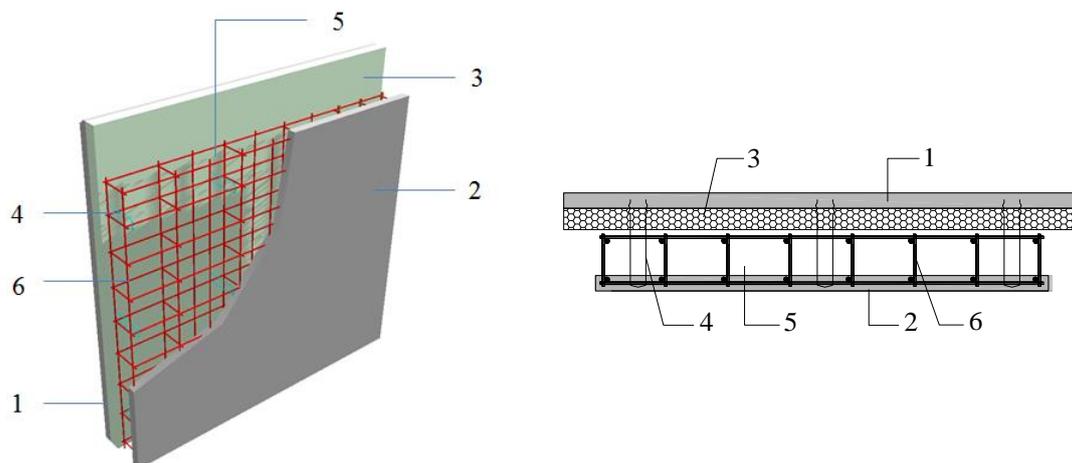
图 1 预制空心墙板

1—预制部分；2—空腔部分；3—成型钢筋笼

## 2.0.6 夹芯保温预制空心墙板 sandwich insulation precast hollow wall panel

由成型钢筋笼及两侧预制墙板组成，中间空腔包含保温层，通过保温连接件将内、外页板可靠连接的预制墙板。

【条文说明】夹芯保温空心墙板示意如图 2 所示。



(a) 夹芯保温预制空心墙板三维图

(b) 夹芯保温预制空心墙板剖面图

图 2 夹芯保温预制空心墙板

1—外页板；2—内页板；3—保温层；4—保温连接件；5—空腔部分；6—成型钢筋笼

## 2.0.7 叠合剪力墙 composite shear wall

预制空心墙板现场安装就位后，在空腔内浇筑混凝土，通过必要的构造措施，使现浇混凝土与预制构件形成整体，共同承受竖向和水平作用的叠合构件。其中包含保温层的叠合剪力墙称为“夹芯保温叠合剪力墙”。

## 2.0.8 预制空心柱 precast hollow column

由成型钢筋笼与预制部分混凝土一体制作而成的中空预制构件。

【条文说明】预制空心柱示意如图 3 和图 4 所示。

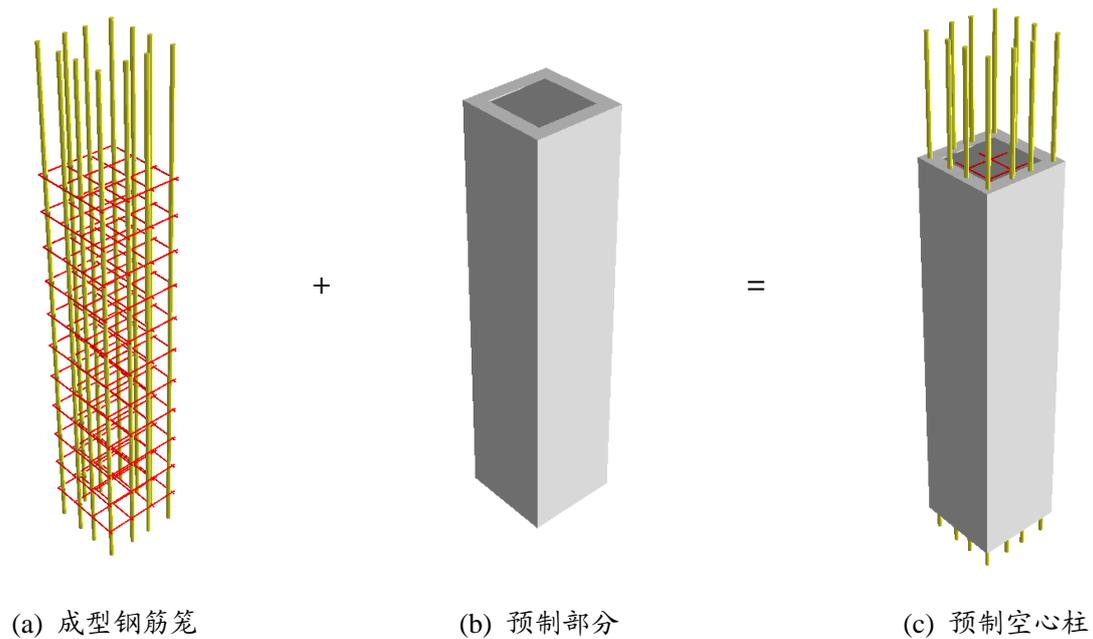


图3 预制空心柱三维图

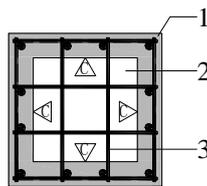


图4 预制空心柱剖面图

1—预制部分；2—空心部分；3—成型钢筋笼

### 2.0.9 叠合柱 composite column

预制空心柱现场安装就位后，在空腔内浇筑混凝土，并通过必要的构造措施，使现浇混凝土与预制构件形成整体，共同承受竖向和水平作用的叠合构件。

### 2.0.10 叠合梁 composite beam

由成型钢筋笼与混凝土一体制作而成的叠合梁，在现场后浇混凝土形成整体，包括矩形叠合梁、U形叠合梁及双皮叠合梁。

### 2.0.11 叠合地下室外墙 composite retaining wall

预制空心墙板现场安装就位后，在空腔内浇筑混凝土形成整体，共同承受荷载的地下室外墙。

### 2.0.12 成型钢筋笼 welded steel cage

焊接钢筋网或弯折成型钢筋网通过专用机械装备，按规定形状、尺寸通过焊接或绑扎方式整体成型的钢筋笼。

【条文说明】成型钢筋笼包括墙钢筋笼、柱钢筋笼、梁钢筋笼等，示意如图 5 所示。

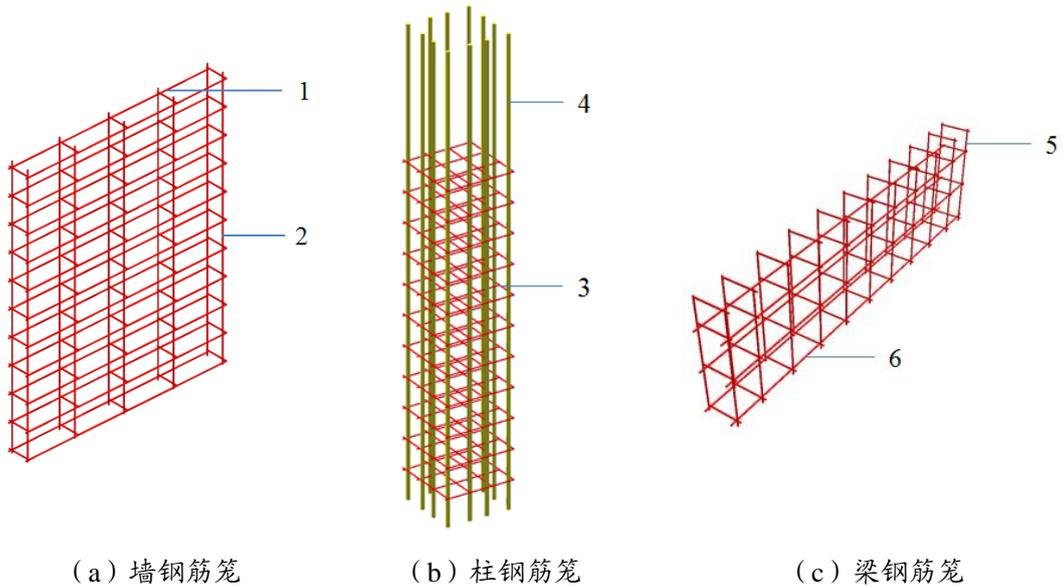


图 5 成型钢筋笼

1—梯子形网片；2—墙体竖向钢筋；3—柱箍筋网片；4—柱纵筋；5—梁箍筋网片；  
6—梁纵筋

### 2.0.13 钢筋焊接网 welded steel fabric

相同或不同直径的纵向和横向钢筋分别以一定间距垂直排列，全部交叉点均用电阻点焊焊在一起的钢筋网片，简称焊接网。

【条文说明】钢筋焊接网包括墙板所用梯子形网片，箍筋用口字形、目字形、田字形网片，楼板用钢筋网片等。钢筋网片示意如图 6 所示：

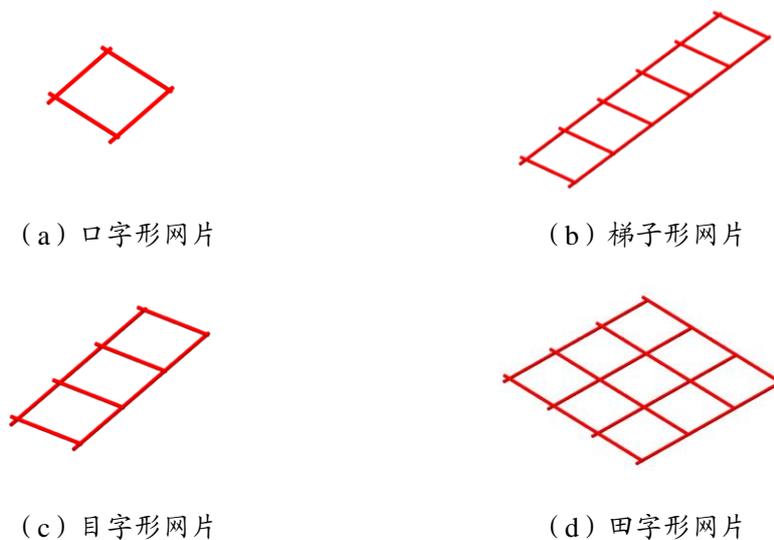


图 6 钢筋网片

### 3 基本规定

**3.0.1** 在叠合结构设计阶段，应采用系统集成的方法统筹建设需求、设计、生产运输、施工安装的全过程，并应加强建筑、结构、设备、装修等专业之间的协同。

**【条文说明】**叠合结构具有其自身特点，从结构的设计、构件制作、运输、存放、施工安装各个阶段应重视整体策划和各专业间的协调一致，对建筑平面和立面根据标准化、模数化的原则进行优化，充分研究预制构件的经济性和可建造性，并对其进行论证，提出最佳方案，这样才能保证建筑功能和结构布置的合理性，提高定型的标准化建筑构配件的重复使用率，降低工程造价。

**3.0.2** 叠合结构设计宜采用建筑信息化模型技术，进行全专业、全过程的信息化管理。

**【条文说明】**建筑信息化模型（BIM）技术是装配式建筑建造的重要工具。通过信息数据平台管理系统实现生产、施工、物流和运营等各环节一体化管理，有利于实现数据驱动的智能生产，对提高工程建设各阶段及各专业之间的协同配合效率，以及整体管理水平具有重要作用。

**3.0.3** 预制构件深化设计成果应以数字化方式体现，实现与工厂自动化生产线的无纸化对接，同时应满足建筑、结构和机电设备等各专业以及构件制作、运输、安装等各环节的综合要求。

**【条文说明】**叠合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，此部分工作宜由设计院完成。深化设计应采用三维设计软件建模，模型的存储和维护应符合各专业和不同软件间数据交互的要求，以保证模型数据有效传递和交换。预制构件模型输出数据能实现构件生产设备数据识别，工厂可根据模型数据自动解析图纸，并实现在模台上自动打印，有利于构件自动化生产，减少人工失误率。

**3.0.4** 叠合剪力墙可与保温及立面装饰一体化成型，其性能及外观应满足建筑设计要求。

## 4 材料

**4.0.1** 混凝土、钢筋、钢材的力学性能指标及耐久性要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计规范》GB 50017 的相关规定。

**4.0.2** 梁、柱、墙中纵向受力钢筋宜选用不低于 HRB400 级的热轧钢筋；板内可采用 CRB550 及 CRB600H 冷轧带肋钢筋，其性能应满足现行行业标准《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95 的相关要求。

**【条文说明】**叠合构件中钢筋笼及网片成型方式主要为交叉焊接，均推荐采用自动化方式生产，故对于连接钢筋的手工弯折性能已无较高要求，HPB300 级钢筋需采用与常用受力钢筋 HRB400 不同的焊条，且其成笼后整体抗变形能力较差。鉴于结构构件中 HPB300 级钢筋用量较少且其价格并无太大优势，为便于工厂标准化生产，建议工厂加工构件内尽量避免采用 HPB300 级钢筋。

**4.0.3** 钢筋焊接网的钢筋性能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 的相关规定。

**4.0.4** 成型钢筋笼的焊接质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的相关规定。成型焊接钢筋笼应在预制板内可靠锚固。

**【条文说明】**焊接钢筋网叠合构件的预制部分既充当模板，又参与受力，成型焊接钢筋笼应根据不同受力状态分别满足相应的构件保护层、锚固等要求。

**4.0.5** 叠合墙板、叠合柱、叠合梁、叠合楼板的预制部分及其他预制构件的混凝土强度等级不应低于 C30，竖向叠合构件后浇混凝土的强度等级不宜低于 C30。水平叠合构件后浇混凝土强度等级不应低于 C25。

**【条文说明】**当构件预制部分不能满足受力要求时，应首选提高其混凝土强度等级，其次才是增大构件截面，这样可以控制构件吊装重量，减少工厂模具种类，便于工业化生产。

**4.0.6** 叠合剪力墙的后浇混凝土宜采用自密实混凝土，自密实混凝土应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的相关规定；当采用普通混凝土时，混凝土粗骨料最大粒径不应大于中间空腔厚度的 1/4，粗骨料最大粒径不宜大于 20mm，且不应超过钢筋最小净间距的 3/4，宜通过现场的工艺试验确定混凝土性能要求及施工方法。

**【条文说明】**考虑到自密实混凝土具有高流动度而不离析、不泌水和高均匀性，

能在不经振捣或少振捣的情况下自流平并自动通过钢筋间隙充满模具达到充分密实，所以应依据行业标准“自密实混凝土应用技术规程 JGJ/T 283-2012”中对粗骨料粒径做出要求，同时应采取相应的检测方法对浇筑的密实度进行检测以满足验收要求。当采用普通混凝土时，则按国家标准“混凝土结构工程施工质量验收规范”（GB 50204）相关规定执行，并加强普通混凝土浇筑后的密实度检测。

**4.0.7** 夹芯保温叠合墙板中宜采用不锈钢拉结件。不锈钢钢材宜采用统一数字代号为 S316XX 或 S304XX 系列的奥氏体型不锈钢，并应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226、《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237 的相关规定。

**4.0.8** 不锈钢钢材的抗拉、抗压强度标准值应取其规定非比例延伸强度  $R_{P0.2}$ ，不锈钢材料的抗力分项系数取为 1.165，抗剪强度设计值可按其抗拉强度设计值的 0.58 倍采用。不锈钢材料的弹性模量可取为  $1.93 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ，泊松比可取为 0.30，S316XX 系列的不锈钢材料的线膨胀系数可取为  $1.60 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 。

**4.0.9** 夹芯保温叠合墙外页板接缝密封胶应符合现行行业标准《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881 的规定，宜选用低模量弹性密封胶，位移能力不宜低于 20 级；密封胶的物理力学性能指标应符合现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458 的相关规定。

**4.0.10** 夹芯保温叠合墙外页板接缝密封胶的背衬材料可采用直径为缝宽 1.3~1.5 倍的发泡闭孔聚乙烯棒或发泡氯丁橡胶棒；当采用发泡闭孔聚乙烯棒时，其密度不宜大于  $37\text{kg/m}^3$ 。

## 5 结构设计基本规定

### 5.1 一般规定

5.1.1 叠合结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

【条文说明】三一筑工科技有限公司联合中国建筑科学研究院有限公司完成了大量受力试验，试验研究结果表明，叠合构件的承载力、刚度及变形能力等性能与现浇构件基本一致，因此叠合结构整体分析可采用与现浇结构一样的模型。

5.1.2 叠合框架结构、叠合剪力墙结构、叠合框架-剪力墙结构、叠合框架-现浇剪力墙结构、叠合框架-现浇核心筒结构的房屋最大适用高度应满足表 5.1.2 的要求。

表 5.1.2 装配整体式结构房屋的最大适用高度 (m)

结构类型	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
叠合框架结构	60	50	40	30
叠合剪力墙结构	130	110	90	70
叠合框架-剪力墙结构	130	110	90	70
叠合框架-现浇剪力墙结构	130	120	100	80
叠合框架-现浇核心筒结构	150	130	100	90

注：房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出屋顶的部分。

【条文说明】叠合结构的最大适用高度参照现行《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的相关规定确定。

5.1.3 叠合结构的平面布置、竖向布置及高宽比要求应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的相关规定。

5.1.4 叠合结构的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。标准设防类叠合结构的抗震等级，应符合表 5.1.4 的规定。其他抗震设防类别和特殊场地类别下的建筑尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

表 5.1.4 标准设防类建筑叠合结构的抗震等级

结构类型		设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
叠合 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		
叠合 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
叠合框架-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	二		二	一	
叠合框架-现浇 核心筒结构	框架	三		二			一		
	核心筒	二		二			一		

注：接近或等于高度分界时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件适当确定抗震等级。

【条文说明】叠合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》JGJ1 中的规定制定，比现浇结构的要求适当从严。

5.1.5 在结构内力与位移计算时，对叠合楼盖，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性。

5.1.6 使用叠合楼板时，宜考虑楼板作为翼缘对梁刚度和承载力的影响。梁受压区有效翼缘计算宽度可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定采用。也可采用梁刚度增大系数法近似考虑，可根据翼缘情况近似取为 1.3~2.0。使用无后浇层的装配式楼盖时，楼面梁的刚度不考虑翼缘作用。

【条文说明】楼面梁刚度增大系数可根据计算确定，对于实心叠合楼板，其刚度贡献可按全厚度考虑。无后浇层的装配式楼盖对梁刚度增大作用较小，设计中可以忽略。当预应力空心板叠合层与梁顶平时，可近似按叠合层的混凝土厚度参照《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定计算梁受压区有效翼缘计算宽度  $b_f'$ 。

5.1.7 结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地

地下室楼层宜采用现浇楼盖。

## 5.2 预制构件设计

**5.2.1** 叠合构件在生产、运输、吊装、施工等短暂设计工况下的施工验算应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的相关规定。

**5.2.2** 叠合构件的保护层厚度应取钢筋网片端部至构件表面的距离（图 5.2.2），保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

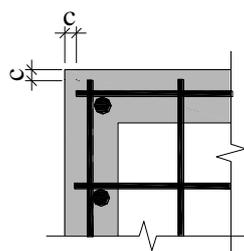


图 5.2.2 叠合构件保护层厚度示意图

c-保护层厚度

**【条文说明】**叠合构件保护层厚度的规定对叠合构件截面有效高度有影响，结构计算时应根据实际情况确定叠合构件截面有效高度。

**5.2.3** 成型钢筋笼应符合下列要求：

1 成型钢筋笼中的焊接钢筋网片应位于最外侧，并对其内侧的纵向钢筋形成侧向约束；

2 梯子形网片的间距宜取 100mm 的整倍数，局部可采用 50mm 的整倍数。

**【条文说明】**梯子形网片在墙体中作为水平钢筋，在梁、墙构件中作为箍筋，田字形网片在柱中作为箍筋，均发挥约束主受力钢筋的作用。

**5.2.4** 预制构件上外露预埋件凹入构件表面的深度不宜小于 10mm。

**【条文说明】**预埋件凹入表面，便于进行封闭处理。如采取相应的防火、防腐措施，可与混凝土构件外表皮平齐布置。

**5.2.5** 机电设备预埋管线和线盒、预留孔洞、生产预埋件、安装预埋件等应统筹设置，并应考虑其与钢筋的相对关系；当预埋件尺寸过大时，应针对其对结构构件的削弱，采取对应的加强措施。

【条文说明】预埋件的布置与工厂生产的便利性密切相关，主体建筑设计阶段，相关专业应密切配合，采用统一的模数方案和布置原则，减少相互干涉；构件设计阶段，更应采用空间模型等工具进行碰撞检查。

### 5.3 叠合楼盖设计

**5.3.1** 叠合结构宜采用叠合楼盖，叠合楼盖包括叠合梁、叠合板。叠合板的预制部分可采用钢筋桁架混凝土预制板、预应力混凝土预制板、空心混凝土预制板。

**5.3.2** 叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行设计，并应符合下列规定：

- 1 叠合板的预制板厚度不宜小于 60mm，后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm；
- 2 跨度大于 3m 的叠合板，宜采用钢筋桁架混凝土预制板；
- 3 跨度大于 6m 的叠合板，宜采用预应力混凝土预制板；
- 4 板厚大于 180mm 的叠合板，宜采用空心混凝土预制板。

【条文说明】对于跨度小于 3m 的叠合楼板，可采用马镫筋作为叠合面抗剪构造钢筋，其形状、间距及锚固长度应满足现行国家相关标准的要求。

**5.3.3** 钢筋桁架叠合板的构造应符合现行国家相关标准要求。

【条文说明】我国现行《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 以及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 中，以对边或四边出筋预制板为主（达到特殊规定的可不出筋），建议现阶段设计可按上述规范、规程执行。由于预制板的出筋（胡子筋）给楼板的安装带来诸多不便，同济大学、清华大学等单位对四边不出筋预制板做了大量的理论分析及试验验证，相关标准也正在编制中，待相关标准发行后，预制板的要求可按其中相关规定执行。

**5.3.4** 钢筋桁架预制板内钢筋宜采用焊接钢筋网片，其间距宜符合 50mm 的模数。

【条文说明】同一工程项目，应尽量减少钢筋间距的种类，以利于工业化生产。由于焊接钢筋网片生产效率高、加工精度高、无需人工布料及绑扎钢筋，因此叠合结构宜优先采用焊接钢筋网片作为预制板内的受力钢筋。

**5.3.5** 当采用预应力空心楼板时，其构造应满足附录 A 的相关要求。

**5.3.6** 叠合梁宜采用成型钢筋笼，叠合梁构件尺寸应符合下列规定：

1 矩形叠合梁（图 5.3.6-a）截面宽度不宜小于 200mm，截面总高度不宜小于 400mm，预制部分高度不宜小于 200mm；预制部分与后浇部分之间的结合面应设置粗糙面，粗糙面深度不宜小于 4mm。

2 U 形叠合梁（图 5.3.6-b）截面宽度不宜小于 300mm，预制部分厚度不宜小于 50mm；

3 双皮叠合梁（图 5.3.6-c）截面宽度不宜小于 200mm，预制部分厚度不宜小于 50mm；

4 叠合梁截面边长宜采用 50mm 整倍数，叠合梁顶部后浇混凝土层厚度不宜小于 150mm；

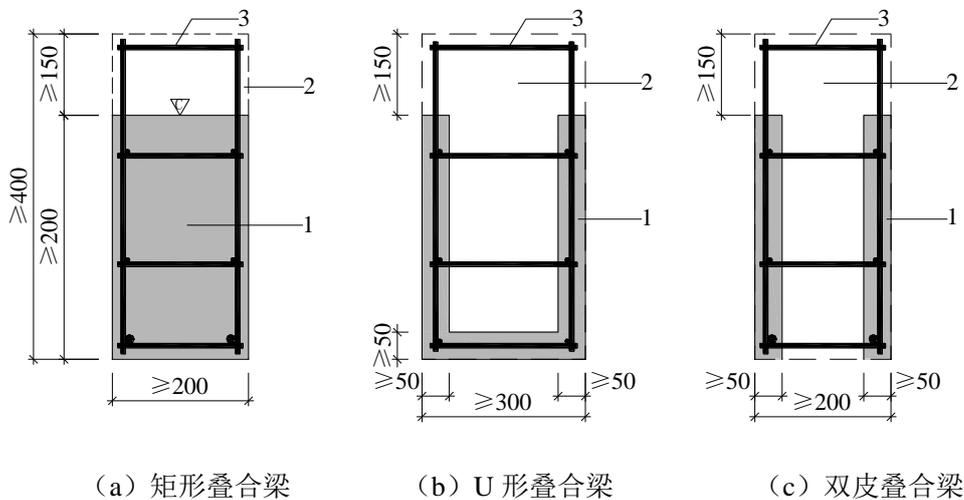


图 5.3.6 叠合梁截面示意图

1—预制部分；2—后浇部分；3—成型钢筋笼

【条文说明】 矩形叠合梁应用范围最广，可用于全叠合结构体系；U 形叠合梁可用于双层或者多层叠合柱框架结构，当 U 形梁截面高度不大于 600mm 时可采用图 7 截面形式，可提高构件生产效率节约生产成本；双皮叠合梁主要应用于叠合剪力墙洞口处连梁。

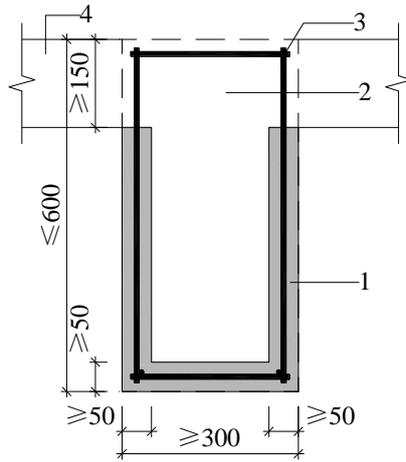


图7 U形叠合梁截面示意图

1—预制部分；2—后浇部分；3—成型钢筋笼；4—楼板

**5.3.7** 叠合梁开洞时，洞口位置宜位于梁跨中 1/3 区段，洞口高度不应大于 0.4 倍梁高，洞口上边距叠合梁预制部分顶面不宜小于 50mm，洞口上、下边距叠合梁顶、梁底不宜小于 200mm；开洞较大时应进行施工阶段及使用阶段承载力验算；梁上洞口周边应配置附加纵向钢筋和箍筋（图 5.3.7），并应符合计算及构造要求。

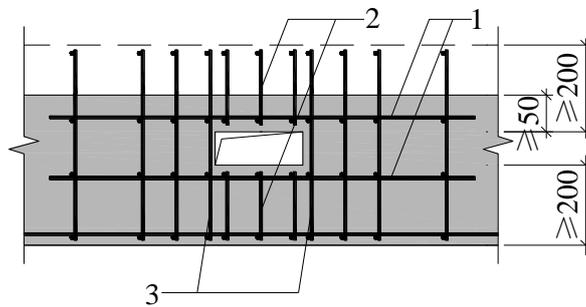


图 5.3.7 叠合梁洞口周边配筋构造示意

1—洞口上、下附加纵向钢筋；2—洞口上、下附加箍筋网片；3—洞口两侧附加箍筋网片

## 5.4 叠合地下室外墙设计

**5.4.1** 本节所述叠合地下室外墙用于以墙上下端为受力支座，按单向受弯构件设计的地下室外墙。当外墙支座条件变化或受力方式变化时，应采取相应的构造措施确保墙体受力与计算模型相符。

**5.4.2** 叠合地下室外墙设计应符合下列规定：

**1** 叠合地下室外墙总厚度  $b_w$  不宜小于 250mm，每侧预制墙板厚度均不宜小于 60mm，后浇筑混凝土空腔厚度不宜小于 120mm（图 5.4.2）；预制墙板内侧

应设置深度不小于 4mm 的粗糙面。

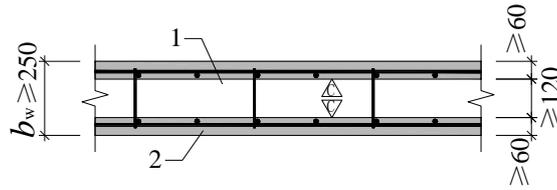


图 5.4.2 叠合地下室外墙

1—空腔部分；2—预制部分

2 叠合地下室外墙混凝土强度等级应根据计算确定，且不应小于 C30。

3 叠合地下室外墙混凝土强度、配合比、抗渗等级及保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的相关规定。

4 叠合地下室外墙受力钢筋配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中受弯构件的最小配筋率要求；叠合地下室外墙兼做剪力墙时，应同时符合本规程第 6 章的相关规定。

5 叠合地下室外墙墙体拉筋间距不宜大于 400mm，直径不应小于 6mm。

6 叠合地下室外墙墙体水平筋宜放置在墙体竖向钢筋外侧。

【条文说明】地下室外墙为满足防水、耐久性要求，保护层厚度及墙体厚度、预制墙板厚度均较地上墙体稍有增加。地下室外墙构件两侧墙板较重，空腔宽度较大，在运输及吊装过程中，需对两侧墙板间的拉结进行加强。拉筋间距及直径应进行生产、运输、吊装、混凝土浇筑等工况下的承载力验算，必要时应补充墙板变形验算。

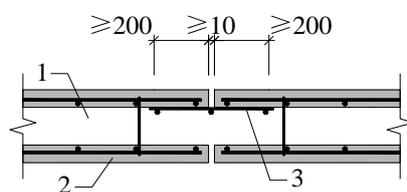
工程经验表明，地下室外墙墙体水平筋放置在墙体竖向钢筋外侧更有利于减少墙体裂缝的产生，同时上述做法可提高工厂钢筋加工机械利用率、提高工厂生产效率，构件设计时应注意其对墙体计算截面有效高度的影响。

5.4.3 叠合地下室外墙应结合地下室平面布置确定适宜的墙体连接位置，宜采用较大尺寸墙板构件；墙板接缝处应采取可靠的防水构造措施。

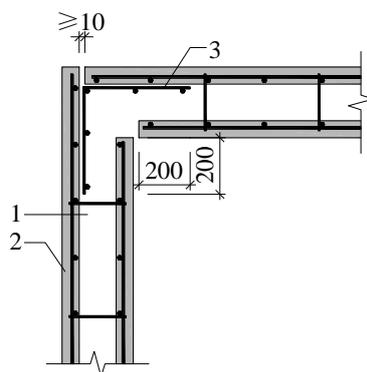
【条文说明】地下室外墙接缝处是防水薄弱部位，应进行密封处理，也可采取附加防水层等方式进行加强。根据工程经验，预制空心墙板尺寸主要受工厂生产线模台尺寸限制，而受现场吊装能力影响不大。条件允许时，采用大尺寸构件可以有效减少墙体拼缝数量、提高生产、施工效率、减少防水薄弱点。

**5.4.4** 叠合地下室外墙不兼做剪力墙时，可不设置现浇混凝土边缘构件或现浇混凝土墙段，两侧预制墙板拼缝宽度不宜小于 10mm；在一字墙（图 5.4.4-a）或转角墙（图 5.4.4-b）交接处，空腔内应设置焊接钢筋网片（图 5.4.4），且应符合下列要求：

- 1 焊接钢筋网片伸入每侧墙板构件空腔内尺寸不应小于 200mm；
- 2 一字形墙连接处设置的焊接钢筋网片竖向钢筋应不少于  $3\Phi 10$ ，L 转角处的焊接钢筋网片竖向钢筋不应少于  $5\Phi 10$ ；水平钢筋直径不应小于 8mm，沿竖向最大间距不应大于 200mm；
- 3 上下层间焊接钢筋网片的竖向钢筋宜采用搭接方式连接。



(a) 一字墙



(b) 转角墙

图 5.4.4 叠合地下室外墙连接

1—空腔部分；2—预制部分；3—焊接钢筋网片

**5.4.5** 叠合地下室外墙与基础水平接缝处，应由基础底板内向上伸出预留钢筋，预留钢筋与预制墙板内竖向钢筋宜采用搭接连接（图 5.4.5），搭接长度不应小于  $1.2 l_a$  ( $l_{aE}$ )，并应符合下列要求：

- 1 墙体底部接缝应进行受弯承载力验算，截面有效高度  $h_0$  应按下列公式计算：

$$h_0 = b_w - t_{w1} - d/2 \quad (5.4.5)$$

式中： $b_w$ ——叠合地下室外墙墙体总厚度；

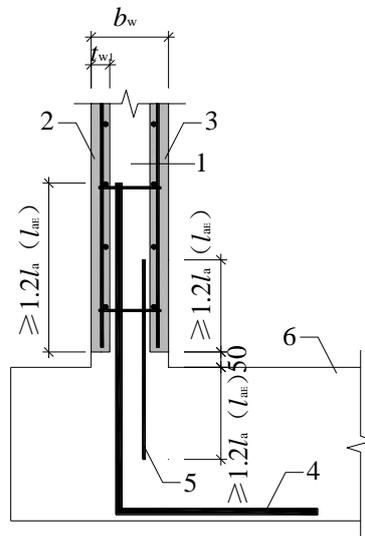
$t_{w1}$ ——叠合地下室外墙临土侧预制部分厚度；

$d$ ——预留钢筋直径；

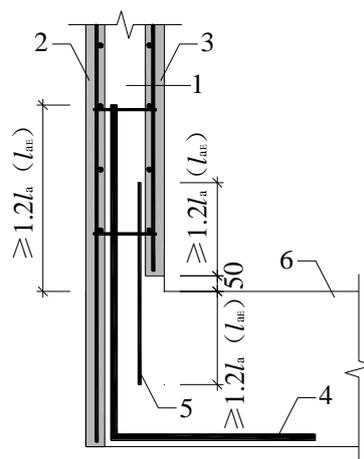
2 当采用筏板端部外伸做法（图 5.4.5-a）时，宜按本条第 1 款规定的截面高度进行墙体底部裂缝宽度计算；当采用筏板端部无外伸做法（图 5.4.5-b）时，可根据墙体总厚度确定截面有效高度进行墙体底部裂缝宽度计算；

3 预留钢筋直径不应小于对应位置墙板内竖向钢筋直径，预留钢筋间距不大于墙板内竖向钢筋间距；

4 水平接缝高度不宜小于 50mm，接缝处后浇混凝土应采取可靠施工措施保证混凝土浇筑密实。



(a) 筏板端部外伸连接节点构造



(b) 筏板端部无外伸连接节点示意

图 5.4.5 叠合地下室外墙与基础连接节点示意图

1—空腔部分；2—临土侧预制部分；3—非临土侧预制部分；4—预留钢筋；

5—内侧搭接钢筋；6—基础

5.4.6 叠合地下室外墙上下层宜采用相同的截面厚度。当采用变截面时（图5.4.6）应符合下列要求：

- 1 墙体接缝处应进行受弯承载力验算，截面有效高度应按式（5.4.5）计算；
- 2 墙体接缝处裂缝宽度验算时，截面有效高度可根据墙体总厚度确定；
- 3 搭接钢筋直径不应小于对应位置墙板内竖向钢筋直径，间距不应大于墙板内相应部位竖向钢筋间距，且搭接长度不应小于  $1.2 l_a$  ( $l_{aE}$ )。

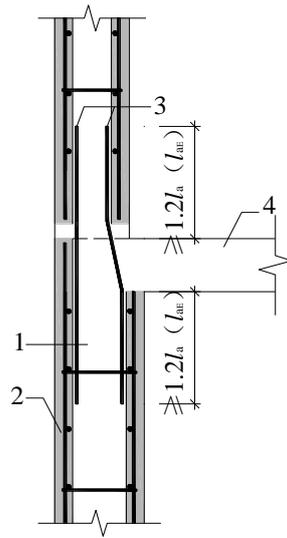


图 5.4.6 叠合地下室外墙变截面处连接节点示意图  
1—空腔部分；2—预制部分；3—搭接钢筋；4—楼板

## 6 叠合剪力墙结构设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 叠合剪力墙结构应具有适宜的侧向刚度，其布置应符合下列规定：

1 平面布置宜简单、规则，宜沿两个主轴方向或其他方向双向布置，两个方向的侧向刚度不宜相差过大；抗震设计时，不应采用仅单向有墙的结构布置；

2 宜自下到上连续布置，避免刚度突变；

3 门窗洞口宜上下对齐、成列布置，形成明确的墙肢和连梁，洞口两侧墙肢宽度不宜相差过大；抗震设计时，一、二、三级剪力墙的底部加强部位不宜采用上下洞口不对齐的错洞墙，全高均不宜采用洞口局部重叠的叠合错洞墙。

【条文说明】高层建筑的建筑高度较大时，在竖向荷载和水平地震作用下，剪力墙墙肢更容易发生塑性损伤。为确保结构在地震作用下具有可靠的抗震性能，在进行抗震性能化设计过程中，更需要通过合理的结构布置，减小地震作用下墙肢的作用效应和构件损伤。我国近年来对叠合剪力墙结构开展了大量的研究工作，并给出了较为完善的设计方法。但考虑到国内在叠合剪力墙结构工程实践方面的经验有限。在叠合剪力墙结构布置过程中，更应注重结构布置的合理性，尽量均匀布置抗侧力墙肢。

结构分析、试验研究和实际震害经验表明，合理设计的联肢墙在水平地震作用下可以实现较为理想的连梁损伤和破坏模式，从而避免墙肢过早的进入塑性状态，并对墙肢的损伤进行有效的控制。在结构布置中，应尽量形成明确的墙肢和连梁，即形成良好的联肢墙。通过对大量高层剪力墙结构在罕遇地震作用下的弹塑性分析发现，合理的结构布置形成以联肢墙受力为主的剪力墙结构体系，在罕遇地震作用下实现以连梁屈服机制为主的损伤和破坏模式，是改善叠合剪力墙结构抗震性能最为有效的措施之一。在叠合剪力墙结构抗震性能化设计过程中，设计人员应对此予以重视。

**6.1.2** 对叠合剪力墙结构房屋，当抗震设防烈度为6度、7度、8度（0.2g）、8度（0.3g）且对应房屋高度超过100m、90m、80m、70m时，应符合下列规定：

1 底部加强部位的剪力墙宜采用现浇剪力墙；

2 叠合墙剪力墙边缘构件纵筋面积不宜小于计算结果的1.2倍；

3 叠合剪力墙水平接缝处在地震作用组合下不宜出现小偏心受拉，当无法避免时，接缝处应采取加强措施；

4 叠合剪力墙墙肢轴压比限值应比现浇结构中相同抗震等级的墙肢降低 0.1。

【条文说明】当房屋高度较高时，应对结构进行适当加强。高层剪力墙结构的底部加强部位是结构抵抗罕遇地震的关键部位。弹塑性分析和实际震害均表明，底部墙肢的损伤往往较上部墙肢严重，因此对底部墙肢的延性和耗能能力的要求较上部墙肢高。目前，高层叠合剪力墙结构的预制剪力墙竖向钢筋连接接头面积百分率通常为 100%，且竖向钢筋主要通过间接搭接实现传力。连接接头在设计阶段的合理构造和施工阶段的可靠施工是接头实现可靠传力，并在罕遇地震作用下确保墙肢具有良好抗震性能的前提。考虑到目前国内在叠合剪力墙结构设计方面的经验相对有限，底部加强部位剪力墙墙肢的主要塑性发展区域采用现浇混凝土有利于保证结构整体抗震性能。

叠合剪力墙结构的墙肢通常在楼层标高需要设置水平接缝，水平接缝处易成为受力薄弱环节。水平接缝的受剪滑移和破坏将严重影响结构的抗震性能。在房屋高度超高的情况下，本标准对预制墙肢水平接缝的受剪承载力提出了更高的性能目标。叠合剪力墙水平接缝处不宜出现小偏心受拉。若产生小偏心受拉，接缝处宜采取增加插筋面积等措施予以加强。

剪力墙墙肢的轴压比是影响墙肢延性和抗震性能的关键指标。针对同等构造措施的墙肢，偏心受压的高轴压比墙肢的延性通常要低于低轴压比偏心受压墙肢。为进一步提高剪力墙结构墙肢的抗震性能，在房屋高度超高的情况下，本标准对其墙肢的轴压比给出了更为严格的限定。在实际工程实践中，可通过增加墙肢截面厚度、提高墙肢混凝土强度等级等措施来予以实现。

6.1.3 叠合剪力墙的墙肢厚度不宜小于 200mm，夹芯保温叠合剪力墙除外页、保温以外的墙肢厚度不宜小于 200mm，且不应小于 150mm。

【条文说明】夹芯保温叠合剪力墙除外页、保温以外的受力墙体厚度不应小于 150mm，主要考虑本体系适用于多层结构时，墙厚可根据实际受力需求适当减薄。

6.1.4 叠合剪力墙之间的连接钢筋宜在后浇混凝土内直线锚固或弯折锚固，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

【条文说明】墙体连接钢筋的形式可根据生产、安装需求进行适当优化，但需经

充分的试验验证，并预先进行专门的论证。

## 6.2 构件设计

6.2.1 预制空心墙板立面尺寸应符合下列要求：

- 1 预制构件宜采用大尺寸墙板，但不宜大于  $8.5\text{m}\times 3.1\text{m}$ ；
- 2 含门窗洞口的预制构件，洞口上方最小边距不宜小于  $300\text{mm}$ ，洞口至墙板侧边距不宜小于  $250\text{mm}$ ，窗下墙采用预制时，洞口至墙板底边高度不宜小于  $250\text{mm}$ （图 6.2.1-1）；

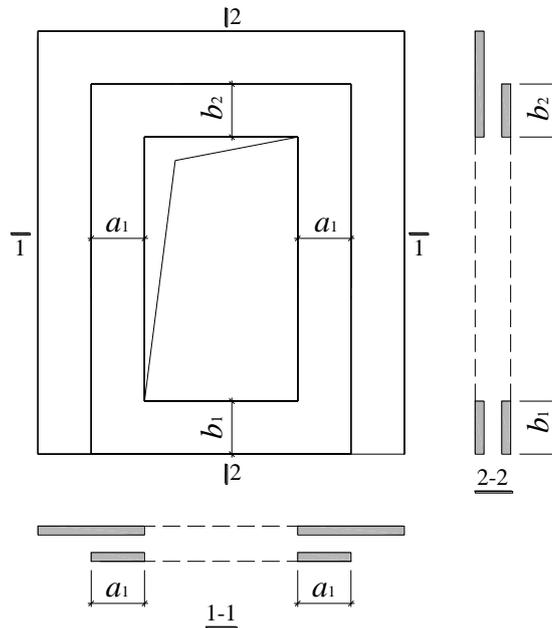


图 6.2.1-1 带窗洞口预制空心墙板构造

$a_1$ —洞口至墙板侧边距； $b_1$ —洞口至墙板底边高度； $b_2$ —洞口上方最小边距；

- 3 夹芯保温预制空心墙板外页板外伸长度不宜大于  $650\text{mm}$ （图 6.2.1-2），当外页板外伸长度大于  $650\text{mm}$  时，外页板外伸范围内应增设与内侧现浇墙体的拉结措施，并应对外页板进行生产、运输、吊装、施工过程的补充验算；

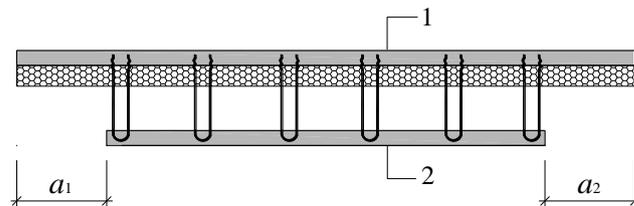


图 6.2.1-2 夹芯保温预制空心墙板外伸构造

1—外页板；2—内页板； $a_1$ 、 $a_2$ —外页板外伸长度

- 4 预制空心墙板单侧板外伸长度不大于  $600\text{mm}$  时，墙板侧面可不出筋（图

6.2.1-3), 当外伸长度大于 600mm 时, 成型钢筋笼宜伸出较窄墙板侧面 (图 6.2.1-4)。

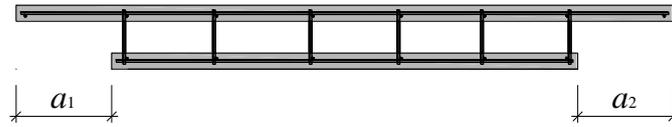


图 6.2.1-3 预制空心墙板外伸构造 (一)

$a_1$ 、 $a_2$ —预制空心墙板单侧板外伸长度

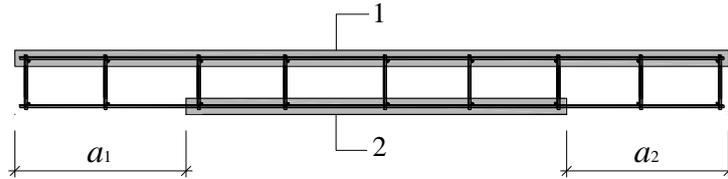


图 6.2.1-4 预制空心墙板外伸构造 (二)

1—较宽墙板; 2—较窄墙板;  $a_1$ 、 $a_2$ —预制空心墙板单侧板外伸长度

**【条文说明】**在生产、施工能力允许的范围内, 叠合剪力墙应优选大尺寸整板, 可以减少构件拼缝, 提升生产、施工效率。通用模台尺寸为 9m $\times$ 3.5m, 考虑边模、翻转设备夹具等要求, 规定墙板构件最大轮廓尺寸。当采用大尺寸非标准模台时 (如三一筑工现有的 12m $\times$ 4m 模台体系), 可不受上述尺寸限制。

洞口两侧及窗下墙是为防止预制剪力墙板在存放、搬运及施工中损坏、边缘区最少钢筋笼布置要求及墙体水平连接钢筋锚固要求, 规定了开洞预制剪力墙板洞口边至板边最小距离。若洞口至墙板侧边距离不满足上述要求时, 墙垛宜采用现浇。

门窗洞口上方最小距离考虑了墙顶设预制连梁的最小高度要求。

夹芯保温预制空心墙板转角连接处, 外页板外伸较大, 当外页板外伸长度超过 650mm 时, 伸出的外页板在温度应力作用下的变形会影响建筑外立面美观, 此时需增设与内侧现浇墙的可靠拉结措施, 对其变形进行约束。外页墙板悬挑较大时, 应特别注意后浇混凝土侧压力的影响, 并在设计或生产过程中采取相关措施。

预制空心墙板通过拉筋将两侧预制墙板拉结为整体, 拉筋对墙体整体性有较大影响。当墙板外伸长度较大时, 宜单侧墙板出筋, 通过拉筋将预制墙板与预制墙板、预制墙板与现浇混凝土可靠拉结, 形成整体墙肢。但从便于生产的角度出发, 应首选板侧不出筋的方案。

6.2.2 预制空心墙板单侧板厚不宜小于 50mm，空腔宽度不宜小于 100mm，夹芯保温预制空心墙板外页板厚度不宜小于 50mm（图 6.2.2）。

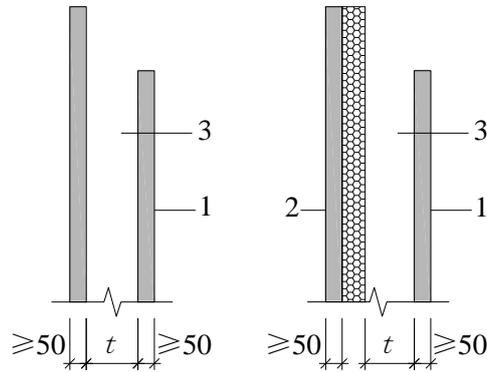


图 6.2.2 叠合剪力墙预制墙体构造

1—预制空心墙板单侧板；2—外页板；3—空腔； $t$ —空腔宽度

**【条文说明】** 预制空心墙板单侧板厚度过薄时，单侧板刚度较差，承载力较低，制作、运输和施工中易造成损坏，不易保证工程质量。

根据项目经验，夹芯保温预制空心墙板外页板受温度影响较大，在温度应力的影响下，其表面易产生裂缝，控制外页板厚度防止其在正常使用时开裂。

空腔间距过小，会影响墙体中间现浇混凝土浇筑。

6.2.3 叠合剪力墙钢筋笼由水平放置的梯子形网片和墙体竖向钢筋组成（图 6.2.3）；其中梯子形网片纵筋为墙体水平分布钢筋，网片横筋为墙体拉筋，钢筋笼及梯子形网片应符合下列要求：

- 1 墙体竖向钢筋应置于梯子形网片纵筋内侧；
- 2 墙体最下层梯子形网片至墙底端距离不宜大于 30mm，最上层梯子形网片至墙顶端距离不宜大于 100mm，且应满足保护层厚度要求；
- 3 沿墙长方向梯字形网片端头保护层厚度不应小于 15mm，且不宜大于 30mm；
- 4 梯子形网片之间的间距不宜大于 200mm；
- 5 梯子形网片水平横筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 600mm。

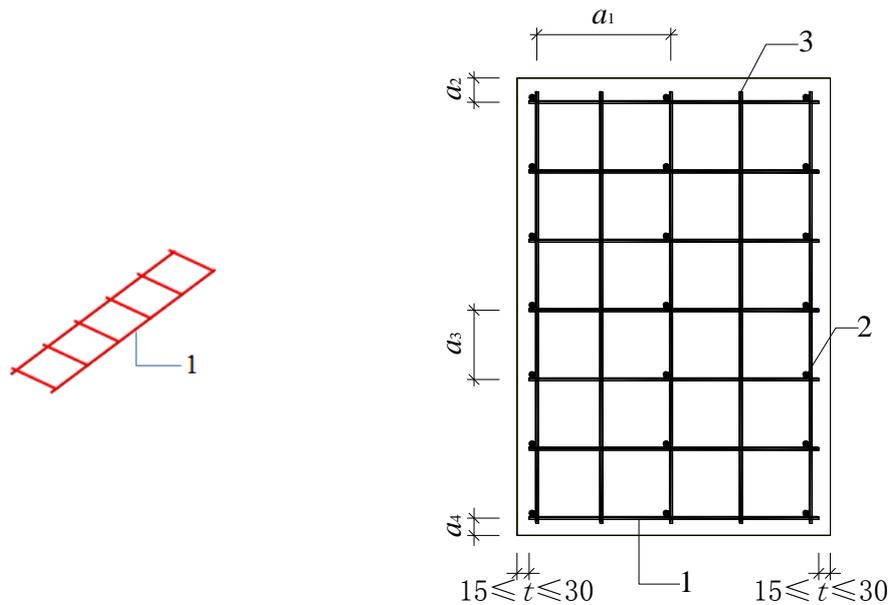


图 6.2.3 叠合剪力墙钢筋构造

1—梯子形网片；2—水平横筋；3—墙体竖向钢筋； $t$ —梯字形网片端头保护层厚度； $a_1$ —梯子形网片水平横筋间距； $a_2$ —梯子形网片至墙顶端距离； $a_3$ —梯子形网片间距； $a_4$ —梯字形网片至墙底端距离

【条文说明】成型钢筋笼中各方向钢筋与传统现浇剪力墙中钢筋一一对应：水平布置的梯子形钢筋网片作为剪力墙水平分布钢筋及拉结筋，竖向钢筋为剪力墙竖向分布筋。梯子形网片与竖向钢筋整体成笼，形成剪力墙钢筋骨架。梯子形网片两头距离墙体端部尺寸可通过保护层厚度调节，网片筋满足本规程相关构造要求。

剪力墙需满足构造及现场混凝土浇筑时承载力要求，网片横筋及网片间距均不应过大。

规定梯子形网片距离墙体底部及顶部上限尺寸，使上下层墙体水平分布钢筋在楼层位置处也能满足分布钢筋最大间距要求。

**6.2.4** 夹芯保温预制空心墙板外页板与墙体应通过保温连接件可靠连接，外页板及连接件应符合下列要求：

1 外页板内应配置单层双向焊接钢筋网片，采用普通钢筋时，直径不宜小于 6mm，当采用 CRB600H 级钢筋时，直径不宜小于 5mm，钢筋间距不宜大于 200mm，钢筋网片应置于外页板厚度中部；

2 保温连接件宜采用不锈钢拉材料，当有可靠依据时也可采用其他材料，连接件数量及布置应通过计算确定；

3 当采用不锈钢连接件时，宜采用板式与针式拉接件相结合的布置方式；每各墙板内，应分别设置沿水平及竖向布置的板式连接件；沿同一方向的板式连接件应布置在同一直线上，且数量均不宜少于 2 个；竖向设置的板式连接件宜布置在墙体顶端；针式连接件应均匀布置，并应在两侧预制墙板内可靠锚固（图 6.2.4）。

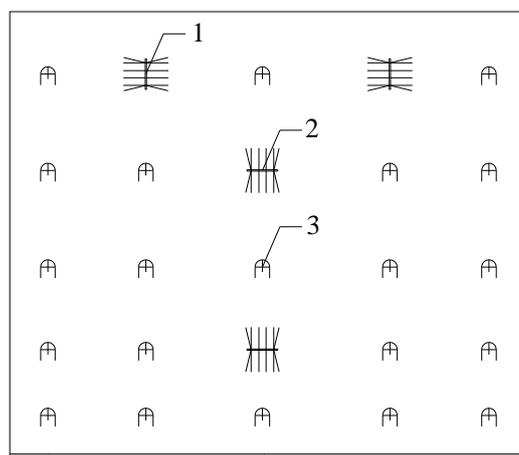


图 6.2.4 夹芯保温外墙连接件示意

1—板式连接件（竖向）；2—板式连接件（水平）；3—针式连接件；

【条文说明】外页板位于墙体保温板外侧，常年受温差影响，规定其配筋直径及最大间距防止其正常使用状态下温度应力产生裂缝。

保温连接件是夹芯保温墙体外页板与内墙可靠连接的关键，需要满足生产、运输、吊装、混凝土浇筑、正常使用等工况下的承载力及变形要求。

不锈钢板式连接件主要防止内、外页墙板相对错位，同时竖向板式连接件兼做墙体吊件，竖向连接件宜布置于墙体顶端。针式连接件主要是防止墙板在厚度方向上变形，连接件应均匀布置。

**6.2.5** 预制空心墙板及夹芯保温预制空心墙板除应满足本规程构造要求外，尚应进行翻转、脱模、存放、吊运、混凝土浇筑等短暂工况下的承载力验算，并应符合下列规定：

1 翻转、脱模、存放、吊运等工况设计时，荷载作用及作用组合应按现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 确定；

2 混凝土浇筑设计时荷载作用及作用组合应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 确定；

3 短暂设计状况下，墙体预制构件内混凝土产生的拉应力不应大于混凝土

轴心抗拉强度标准值；

$$f_t \leq f_{tk} \quad (6.2.5)$$

式中： $f_t$ — 预制构件内混凝土产生的拉应力

$f_{tk}$ —混凝土轴心抗拉强度标准值

当计算不满足要求时，应对预制墙板采取加强措施。

**4** 夹芯保温预制空心墙板保温连接件应满足构件翻转、吊运、混凝土浇筑等短暂工况下的承载力要求，同时应满足外页板在自重、地震作用、风荷载、温度应力等持久状况下的承载力及变形要求。

【条文说明】预制空心墙板及夹芯保温预制空心墙板在生产时，运输、吊装、混凝土浇筑时依靠梯子形网片水平横筋来传递各工况下产生的应力。夹芯保温外墙依靠保温连接件传递各工况下产生的应力。需要对网片横筋及保温连接件进行各阶段承载力验算，确保预制空心墙板及夹芯保温预制空心墙板的整体性。

## 6.3 连接设计

**6.3.1** 叠合剪力墙底部接缝宜设置在楼面标高处，接缝高度不宜小于 50mm，接缝处后浇混凝土应浇筑密实，楼板上表面应设置深度不小于 6mm 的粗糙面。

【条文说明】考虑到施工方便、受力合理，叠合剪力墙、夹芯保温叠合剪力墙竖向连接设置在楼面标高处。基于叠合剪力墙结构的构造，为保证接缝处现浇混凝土浇筑密实、墙内水平钢筋竖向间距符合设计要求，水平接缝高度宜为 50mm。空腔内后浇混凝土浇筑时根据施工组织的要求，楼层处经常会出现施工缝。在先浇筑完成的下层混凝土表面设置粗糙面，有利于保证剪力墙在楼层处的水平承载力。

**6.3.2** 叠合剪力墙上下层墙体水平接缝处的连接钢筋应符合下列规定：

**1** 边缘构件的竖向钢筋宜采用搭接形式逐根连接，搭接长度不应小于  $1.6l_{aE}$ ；

**2** 非边缘构件部位的连接钢筋宜采用环状连接筋，并应满足如下要求（图 6.3.2-1）：

1) 连接钢筋搭接长度不应小于  $l_{aE}$ ；

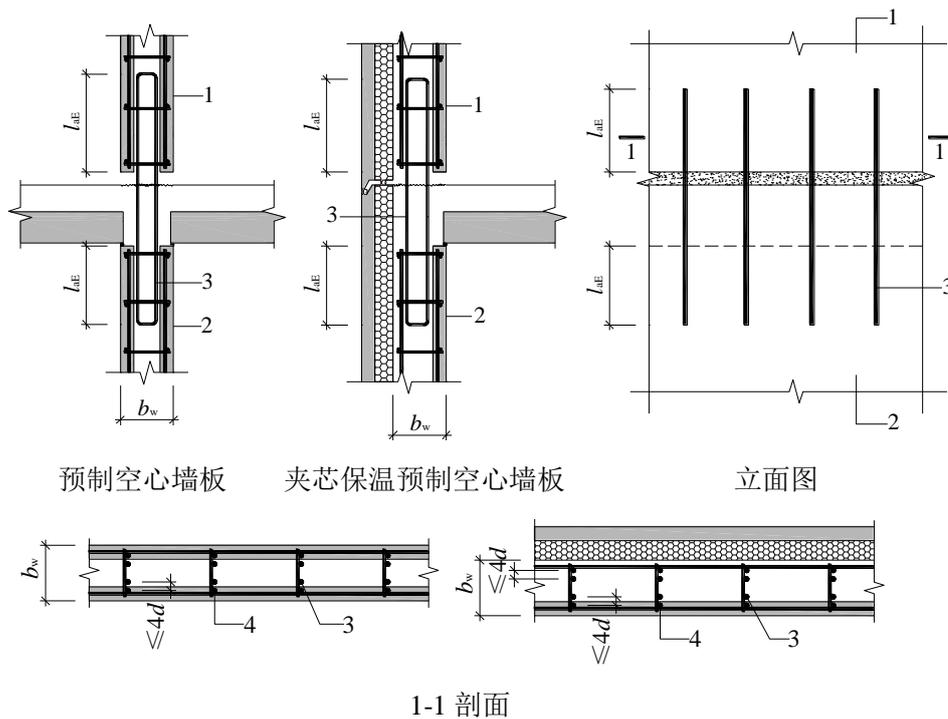


图 6.3.2-1 叠合剪力墙竖向连接

1—上层叠合剪力墙；2—下层叠合剪力墙；3—环状连接筋；4—叠合剪力墙竖向钢筋；  
 $b_w$ —叠合剪力墙厚度；

- 2) 连接钢筋的间距不应大于预制空心墙板中竖向分布钢筋的间距，且不宜大于 200mm；
- 3) 连接钢筋的直径不应小于预制空心墙板中竖向分布钢筋的直径；
- 4) 连接钢筋应满足现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中关于剪力墙水平接缝的受剪承载力计算要求；
- 5) 连接钢筋与被连接钢筋中心距离不应超过  $4d$ ， $d$  为连接筋直径；
- 6) 上下层叠合剪力墙厚度不同时，竖向环状连接筋应进行弯折处理，弯折后的连接筋伸入上下层预制空心墙板空腔内长度亦不宜小于  $l_{aE}$ （图 6.3.2-2）。

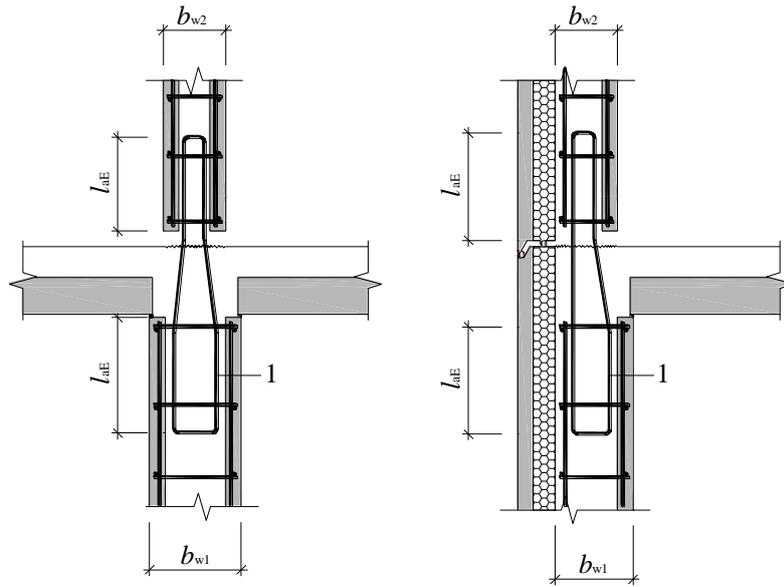


图 6.3.2-2 变截面叠合剪力墙竖向连接

1—弯折环状连接筋； $b_{w1}$ —下层叠合剪力墙厚度； $b_{w2}$ —上层叠合剪力墙厚度；

3 除下列情况外，墙体厚度不大于 200mm 的标准设防类建筑预制空心墙板的竖向分布钢筋可采用单排钢筋连接：

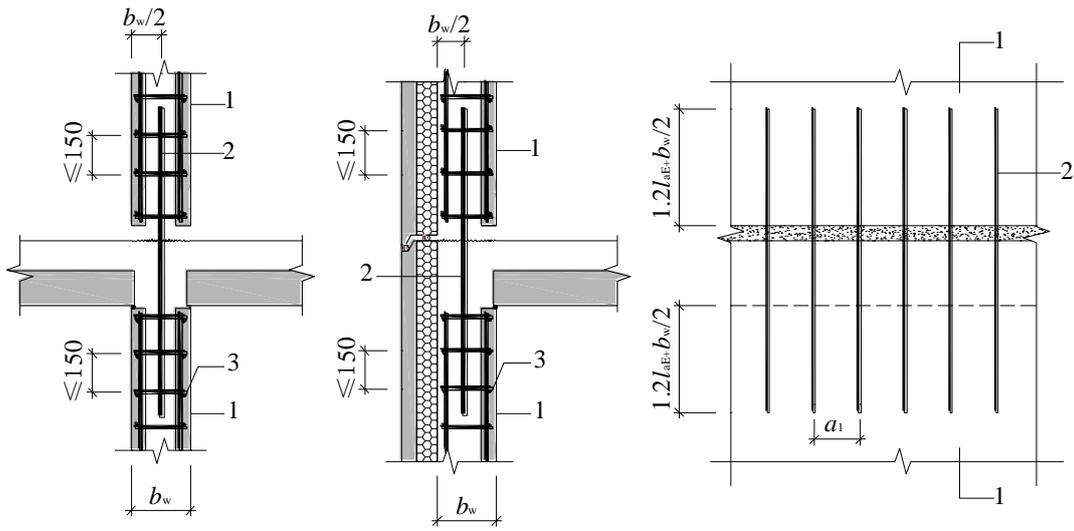
- 1) 等级为一级的剪力墙；
- 2) 轴压比大于 0.3 的抗震等级为二、三、四级的剪力墙；
- 3) 一字型剪力墙、一端有翼墙连接但剪力墙非边缘构件区长度大于 3m 的剪力墙以及两端有翼墙连接但剪力墙非边缘构件长度大于 6m 的剪力墙。

单排钢筋连接应满足以下要求：

- 1) 连接钢筋应位于内、外侧被连接钢筋中间位置；
- 2) 连接钢筋宜均匀布置，间距不宜大于 300mm；
- 3) 单片叠合剪力墙水平接缝处连接钢筋总受拉承载力不应小于上、下层被连接钢筋总受拉承载力较大值的 1.1 倍；

3) 下层剪力墙连接筋至下层预制墙顶及上层剪力墙连接钢筋至上层预制墙底算起的埋置长度均不应小于  $1.2l_{aE}+b_w/2$ ， $b_w$  为墙体厚度，其中  $l_{aE}$  应按连接钢筋直径计算；

4) 钢筋连接长度范围内应配置拉筋，同一连接接头内的拉筋配筋面积不应小于连接钢筋面积。拉筋沿竖向的间距不应大于水平分布钢筋的间距，且不宜大于 150mm。拉筋应紧靠连接钢筋，拉筋应与最外侧分布筋可靠焊接（图 6.3.2-3）。



预制空心墙板      芯保温预制空心墙板      立面图

图 6.3.2-3 剪力墙竖向单筋连接构造

1—叠合剪力墙；2—墙体连接筋；3—拉筋； $b_w$ —叠合剪力墙厚度；

【条文说明】试验表明，封闭环形连接筋在混凝土内的锚固比水平直锚更加可靠，可以完全等同于 90° 或 135° 弯钩的锚固效果，根据《混凝土结构设计规范》其锚固长度可取基本锚固长度的 60%，即长度  $l = 0.6 \times 1.6 \times l_{aE}$ 。

单排钢筋连接按现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 相关要求设计。

**6.3.3 叠合剪力墙后浇筑混凝土墙段与叠合构件之间应采用环状连接筋进行连接，连接筋应满足如下要求。**

**1** 连接筋直径不应小于其所连接预制构件内水平钢筋的直径，间距不应大于其所连接预制构件内水平钢筋的间距，连接钢筋应紧贴梯子形网片的横筋布置；

**2** 当后浇混凝土墙段仅一侧有叠合构件时，连接筋一端应伸至后浇混凝土墙段钢筋笼最外侧纵筋内侧，另一端应伸入叠合构件空腔内（图 6.3.3-1）；

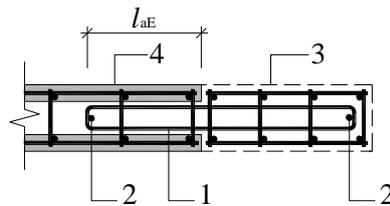


图 6.3.3-1 后浇混凝土墙段一侧有叠合构件连接节点

1—环状连接筋；2—竖向插筋；3—后浇混凝土墙段；4—叠合构件

3 当后浇混凝土两侧均有叠合构件时，连接筋宜穿过后浇混凝土墙段，分别伸入两侧叠合构件空腔内（图 6.3.3-2）；

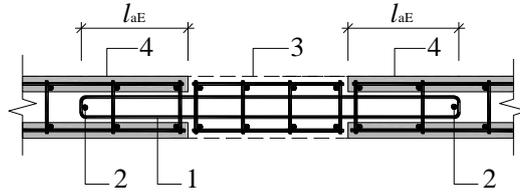


图 6.3.3-2 后浇混凝土墙段两侧均有叠合构件连接节点

1—环状连接筋；2—竖向插筋；3—后浇混凝土墙段；4—叠合构件

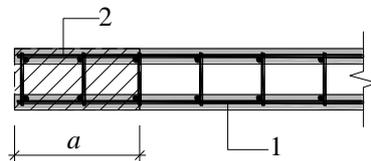
4 连接筋伸入叠合构件空腔内长度从其端部算起不宜小于  $l_{aE}$ ；

5 环状连接筋两端均设置竖向插筋，插筋直径不宜小于 12mm，上下层插筋可不连接。

【条文说明】基于叠合剪力墙预制空心墙板及夹芯保温叠合剪力预制墙空心墙板构件自身特点，充分利用叠合构件中间的空腔，利用连接钢筋将后浇筑混凝土墙段与叠合构件连成整体。连接筋采用封闭箍筋可提高空腔内现浇混凝土对其约束，封闭箍筋两端设置竖向插筋增加连接筋在叠合剪力墙及后浇筑混凝土内锚固的可靠性，从而确保后浇混凝土墙段与叠合剪力墙的整体性。封闭箍筋周边的横筋对锚固区混凝土形成约束，可提有效高锚固效果。

6.3.4 叠合剪力墙约束边缘构件的范围及构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关要求，并应符合下列规定：

1 剪力墙端部及门窗洞口两侧的约束边缘构件可采用现浇或叠合构件，当采用叠合构件时，阴影区域箍筋由墙体水平网片与附加网片共同组成（图 6.3.4-1）；



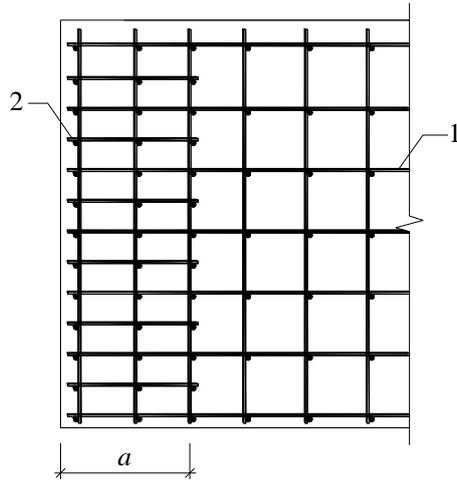
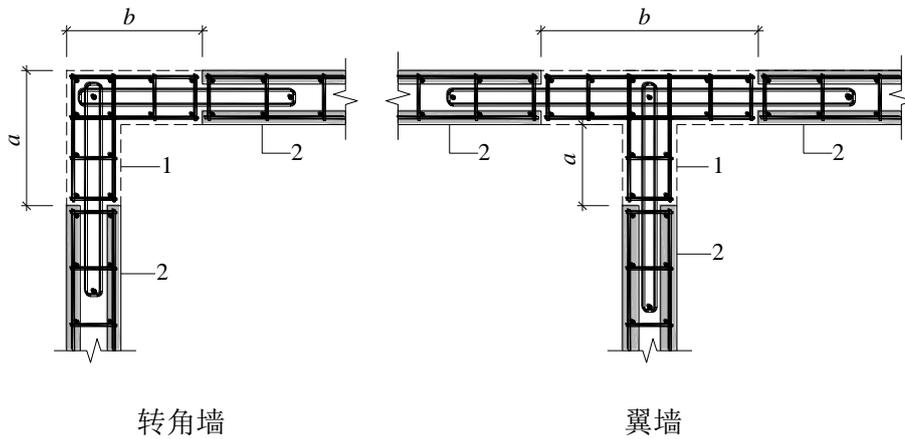


图 6.3.4-1 暗柱约束边缘构件

1—墙体水平网片；2—附加网片； $a$ —边缘构件阴影区域长度

2 墙体转角和纵横墙交接处约束边缘构件阴影区域宜采用后浇混凝土（图 6.3.4-2）。



转角墙

翼墙

图 6.3.4-2 转角墙及翼墙约束边缘构件

1—后浇混凝土；2—叠合构件； $a$ 、 $b$ —边缘构件阴影区域长度

**【条文说明】**暗柱约束边缘构件与叠合剪力墙空心墙板整体预制，边缘构件阴影区域纵筋及箍筋均应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关要求，箍筋由墙体水平网片筋与附加网片筋共同组成，计算时，其墙体水平网片钢筋的体积配箍率也不应大于总体积配箍率的 30%。

转角墙及翼墙约束边缘构件阴影区域宜采用现浇混凝土，现浇混凝土内设置成型钢筋笼的纵筋及箍筋应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于约束边缘构件阴影部分竖向钢筋及箍

筋的相关要求。

**6.3.5** 叠合剪力墙构造边缘构件的范围及构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ3 的相关要求，并应符合下列规定：

**1** 剪力墙端部及门窗洞口两侧的构造边缘构件可采用现浇或叠合构件，当采用叠合构件时，边缘构件箍筋由墙体水平网片纵筋与网片横筋组成（图 6.3.5-1）。

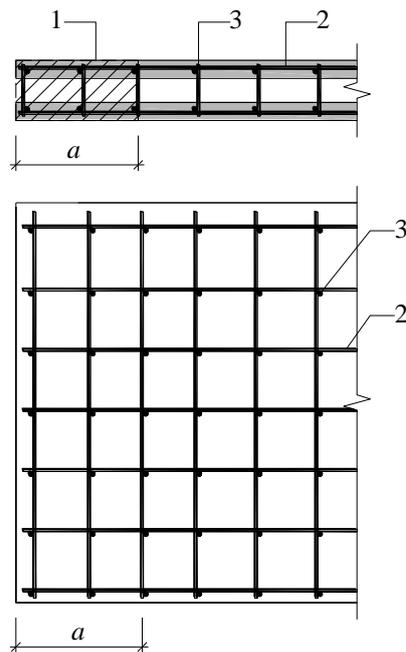


图 6.3.5-1 暗柱构造边缘构件

1—边缘构件；2—水平网片筋；3—网片横筋； $a$ —边缘构件长度

**2** 转角墙及翼墙边缘构件可采用现浇或现浇与叠合构件组合的形式，当采用组合形式时，边缘构件由墙肢相交处现浇段与叠合段共同组成（图 6.3.5-2），现浇段内钢筋笼及叠合构件应满足如下要求：

- 1) 纵筋数量不宜少于 4 根；
- 2) 纵筋及箍筋直径不宜小于构造边缘构件钢筋直径；
- 3) 箍筋间距不宜大于构造边缘箍筋间距。
- 4) 叠合段长度不宜小于 400mm；
- 5) 叠合段内纵筋直径、箍筋直径及箍筋间距应满足边缘构件构造要求。

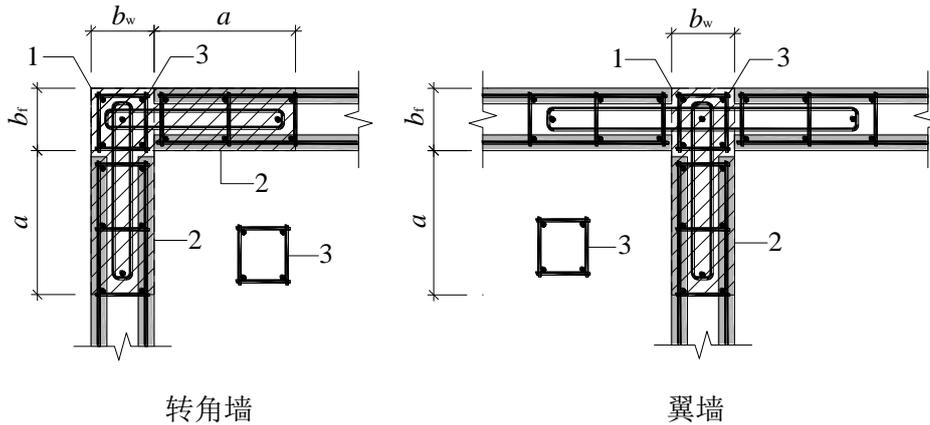


图 6.3.5-2 转角墙及翼墙构造边缘构件

1—边缘构件现浇段；2—边缘构件叠合段；3—现浇段钢筋笼；

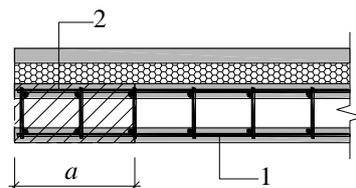
$b_w$ 、 $b_f$ —叠合剪力墙墙肢厚度； $a$ —边缘构件叠合段长度

【条文说明】暗柱构造边缘构件与叠合剪力墙空心墙板整体预制，边缘构件纵筋及箍筋均应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关要求。

转角墙及翼墙构造边缘构件被分为两段，分别为：现浇与叠合构件。现浇段内成型钢筋笼及叠合段内纵筋直径、箍筋直径及箍筋间距应分别满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于构造边缘构件的相关要求。同时，现浇段、叠合段内纵筋总面积应满足构造边缘构件关于最小配筋面积的要求。现浇段、叠合段之间的连接筋应满足构造边缘构件箍筋的相关要求。

**6.3.6 夹芯保温叠合剪力墙约束边缘构件的范围及构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于剪力墙结构的相关要求，并应符合下列规定：**

**1** 剪力墙端部及门窗洞口两侧的约束边缘构件可采用现浇或叠合构件，当采用叠合构件时，阴影区域箍筋由墙体水平网片筋与附加网片筋共同组成（图 6.3.6-1）；



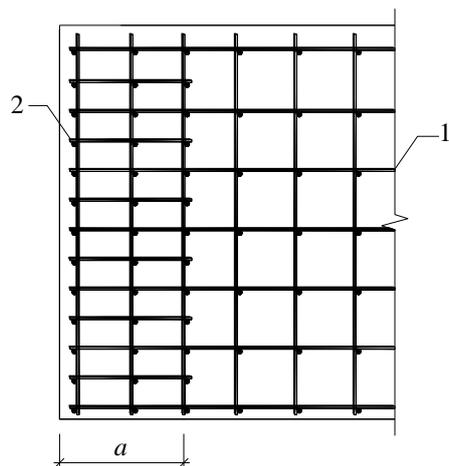


图 6.3.6-1 暗柱约束边缘构件

1—墙体水平网片筋；2—附加网片筋； $a$ —边缘构件阴影区域长度

2 转角墙及翼墙约束边缘构件阴影区域宜采用后浇混凝土（图 6.3.6-2）；

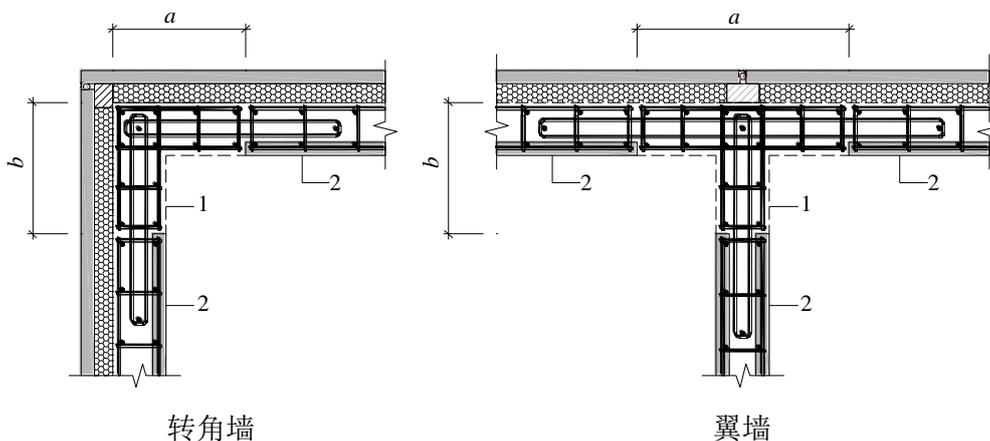


图 6.3.6-2 转角墙及翼墙约束边缘构件

1—后浇混凝土；2—叠合构件； $a$ 、 $b$ —边缘构件阴影区域长度

【条文说明】暗柱约束边缘构件与剪力墙空心墙板整体预制，边缘构件阴影区域纵筋及箍筋均应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关要求，箍筋由墙体水平网片筋与附加网片筋共同组成，计算时，其墙体水平网片钢筋的体积配箍率不应大于总体积配箍率的 30%。

转角墙及翼墙约束边缘构件阴影区域宜采用现浇混凝土，现浇混凝土内设置的成型钢筋笼纵筋及箍筋应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于约束边缘构件阴影部分竖向钢筋及箍筋的相关要求。

6.3.7 夹芯保温叠合剪力墙构造边缘构件的范围及构造应满足现行国家标准

《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于剪力墙的相关要求，并应符合下列规定：

1 剪力墙端部及门窗洞口两侧的构造边缘构件可采用现浇或叠合构件，边缘构件箍筋由墙体水平网片纵筋与网片横筋组成（图 6.3.7-1）；

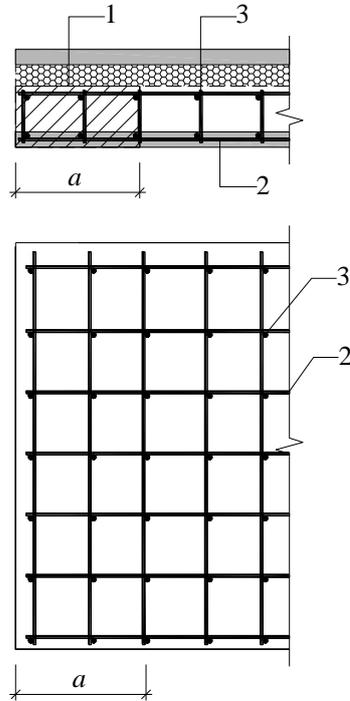


图 6.3.7-1 暗柱构造边缘构件

1—边缘构件；2—水平网片筋；3—网片横筋； $a$ —边缘构件长度

2 转角墙及翼墙构造边缘构件宜采用后浇混凝土（图 6.3.7-2）；

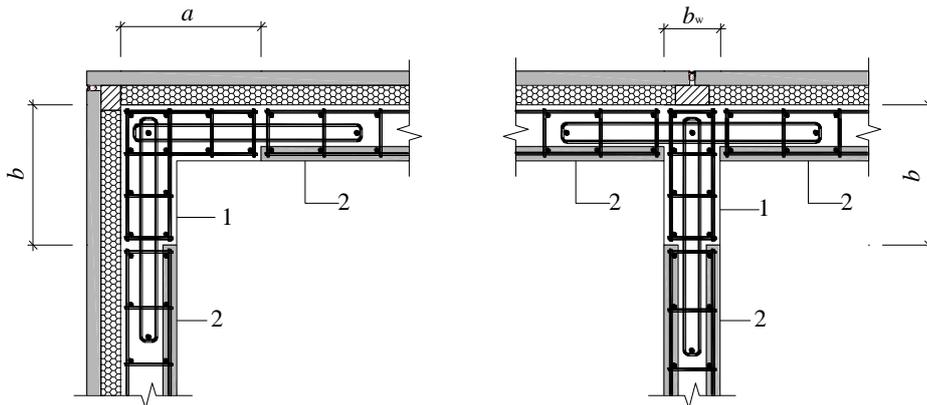


图 6.3.7-2 转角墙及翼墙构造边缘构件

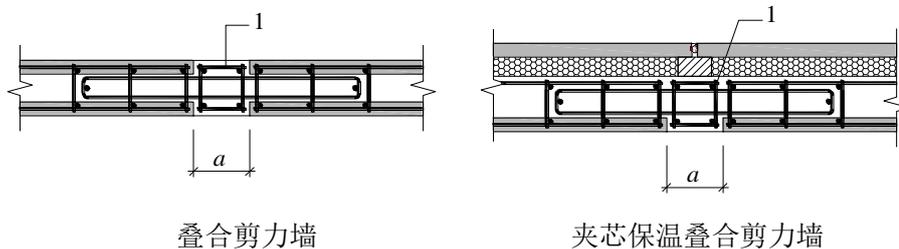
1—后浇混凝土；2—叠合构件； $a$ 、 $b$ —边缘构件长度； $b_w$ —墙肢厚度

【条文说明】暗柱构造边缘构件与叠合剪力墙空心墙板整体预制，边缘构件纵筋及箍筋均应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关要求。

转角墙及翼墙构造边缘构件内成型钢筋笼纵筋及箍筋应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 关于构造边缘构件竖向钢筋及箍筋的相关要求。

**6.3.8** 叠合剪力墙、夹芯保温叠合剪力墙竖向接缝处宜设置宽度不小于 200mm 的现浇混凝土墙段，墙段内应设置成型钢筋笼（图 6.3.8-1），并应符合下列要求：

- 1 钢筋笼纵筋不宜少于 4 根，直径不宜小于墙体竖向钢筋和 10mm 的较大值；
- 2 钢筋笼箍筋直径不宜小于墙体水平钢筋，间距宜与墙体水平钢筋一致。

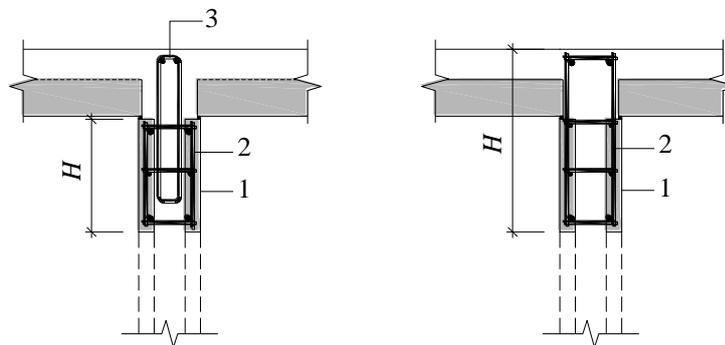


6.3.8-1 叠合剪力墙顺向连接

1—成型钢筋笼； $a$ —现浇混凝土墙段长度

**【条文说明】**当墙体较长，超过生产或施工能力时，需对墙体在非暗柱区域进行分段，分段后的构件采用附加成型钢筋笼进行连接。

**6.3.9** 叠合剪力墙连梁与墙板整体预制时，连梁高度宜取洞口至板底距离（图 6.3.9-1a），梁顶附加环状连接筋，连接筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm；若上述连梁无法满足刚度或承载力要求时，可采用叠合梁（图 6.3.9-1b），并应满足现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的相关要求。



(a) 连梁顶与预制墙板顶部平齐 (b) 连梁顶高于预制墙板顶部

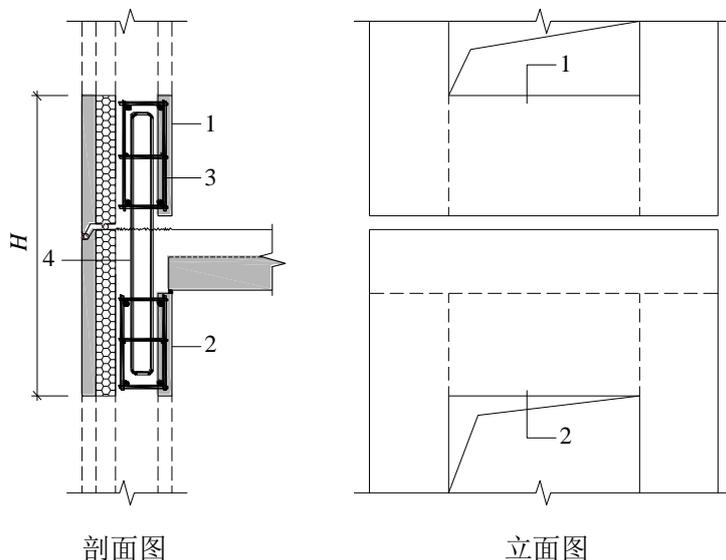
6.3.9-1 单连梁构造

1—连梁；2—连梁箍筋；3—梁顶环状连接筋； $H$ —连梁高度

上下层洞口对齐且上层墙体有窗下墙，当满足如下条件时，洞口边墙体可按

整体连梁进行设计（图 6.3.9-2），并应符合下列规定：

- 1 窗上墙、窗下墙宜分别配置箍筋，并在上下墙体间设置环状连接筋，连接筋配筋面积不应小于整体连梁箍筋面积，连接筋间距不应大于 200mm；
- 2 环状连接筋应分别伸至上下层连梁顶部及底部纵向钢筋内侧。



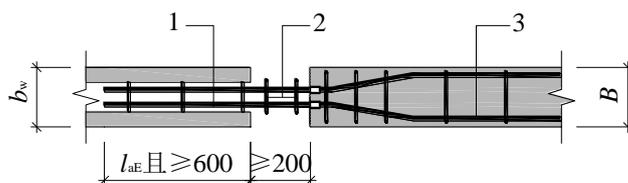
6.3.9-2 窗间墙整体连梁构造

1—窗下墙；2—窗上墙；3—连梁箍筋；4—环状连接筋； $H$ —连梁高度

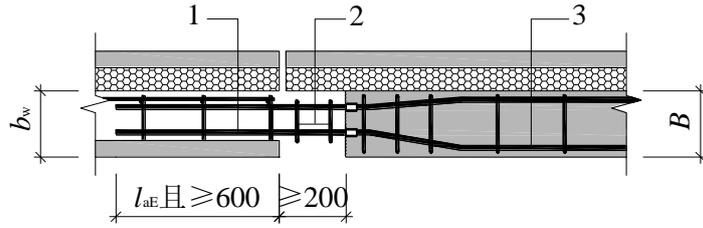
【条文说明】连梁与叠合墙体整体预制，预制连梁顶部宜采用不出筋形式，便于工厂构件加工，但此时应注意对连梁计算高度的影响；当连梁高度不满足要求时，可采用出筋的方式。当单连梁计算配筋较大或整体计算地震作用较大时，可采用双连梁方式设计。

**6.3.10** 叠合剪力墙、夹芯保温叠合剪力墙与梁在平面内连接时，剪力墙与梁之间应预留不小于 200mm 的现浇段，现浇段内至少设置两道附加箍筋，箍筋肢数及直径同梁箍筋。梁纵筋应在剪力墙空腔后浇混凝土内可靠锚固，长度应满足如下要求：

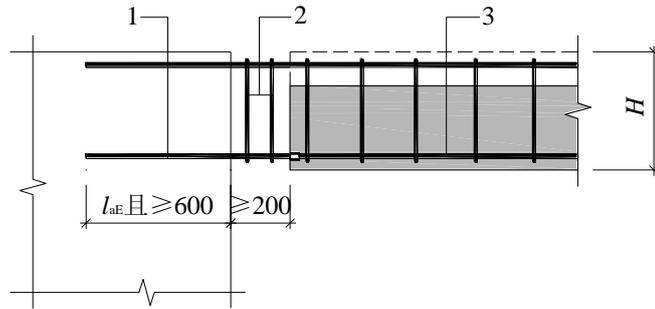
- 1 当采用直线锚固时，梁主筋伸入叠合剪力墙不宜小于  $l_{aE}$  且不宜小于 600mm（图 6.3.10）。



(a) 叠合剪力墙与梁连接



(b) 夹芯保温剪力墙与梁连接



立面图

图 6.3.10-1 框架梁与叠合剪力墙连接（一）

1—梁连接钢筋；2—现浇段附加箍筋；3—梁内纵筋； $b_w$ —叠合剪力墙宽度；  
 $H$ —梁高度； $B$ —梁宽度

2 当剪力墙截面尺寸不满足直线锚固要求时，可采用国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 8.3.3 条钢筋端部加机械锚头的锚固方式或 90 度弯折锚固；采用机械锚固时，梁纵筋伸入叠合剪力墙水平投影锚固长度不宜小于  $0.4l_{ab}$ ；采用弯折锚固时，梁纵筋伸入叠合剪力墙水平投影锚固长度不宜小于  $0.4l_{ab}$  并向上、向下弯折，弯折长度不宜小于  $15d$ （图 6.3.10-2）。

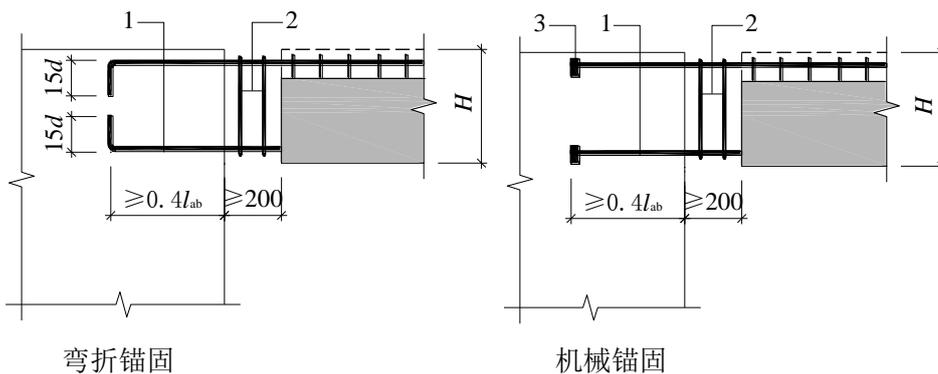


图 6.3.10-2 框架梁与叠合剪力墙连接（二）

1—梁连接钢筋；2—现浇段附加箍筋；3—机械锚头； $H$ —梁高度

【条文说明】基于叠合剪力墙自身特点，顺墙肢方向的梁纵筋可在其空腔内锚固。为避免梁构件吊装时外伸纵筋与叠合剪力墙空腔内拉筋干涉，预制框架梁设计

时，宜采用梁底部不出筋的方式，在梁端预留钢筋连接套筒。现场施工时通过连接套筒将梁纵筋向剪力墙空腔内延伸实现可靠锚固。根据相关经验，附加钢筋在与套筒连接时需预留不小于 200mm 的操作空间。

**6.3.11 叠合剪力墙与梁平面外相交时，梁端宜设计为铰接；连接形式可采用企口连接或钢企口连接。**

**1** 当采用企口连接时，梁顶主筋伸入企口内长度不宜小于  $0.35l_{ab}$ ，且应向下弯折，弯折长度不宜小于  $15d$ ， $d$  为钢筋直径（图 6.3.11-1）；

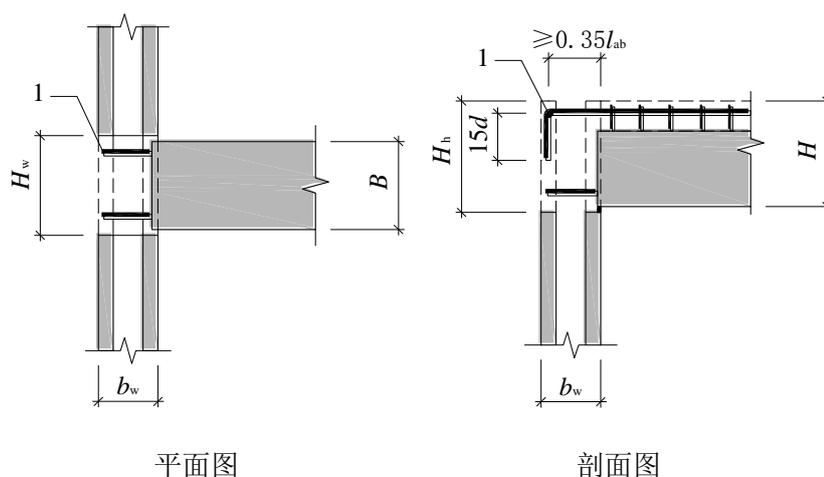


图 6.3.11-1 梁与叠合剪力墙企口连接

1—梁主筋； $B$ —叠合梁宽度； $H$ —叠合梁高度； $b_w$ —叠合剪力墙宽度；  
 $H_w$ —企口宽度； $H_h$ —企口高度

**2** 当梁不直接承受动力荷载且跨度不大于 9m 时，可采用钢企口连接。采用钢企口连接时，梁顶主筋伸入叠合剪力墙水平长度不宜小于  $0.35l_{ab}$ ，且应向下弯折，弯折长度不宜小于  $15d$ （图 6.3.11-2），同时钢企口及其接头应满足国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关要求。

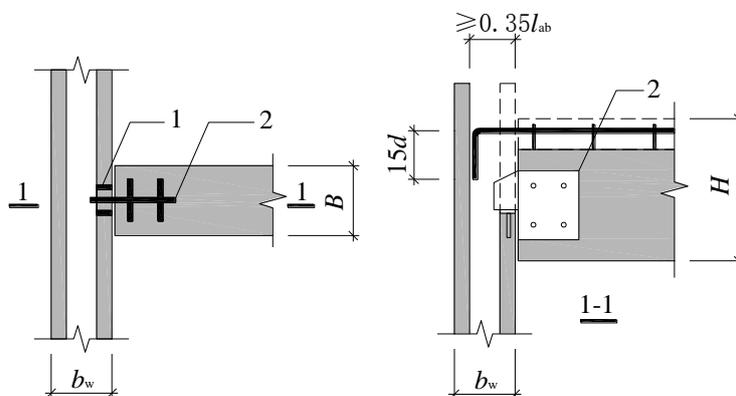


图 6.3.11-2 梁与叠合剪力墙钢企口连接

1—预埋件；2—钢企口； $H$ —叠合梁高度； $B$ —梁宽度； $b_w$ —叠合剪力墙宽度

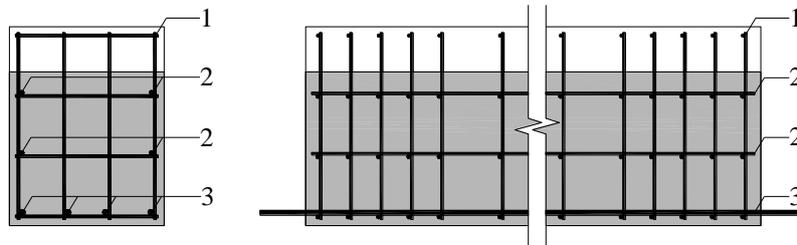
**【条文说明】**梁与叠合剪力墙平面外相交时，叠合剪力墙不宜产生平面外弯矩，梁与墙宜采用铰接。企口连接时，预制梁或钢企口直接搭在预制墙板上，通常情况下预制墙板较薄，施工时需对预制墙板局部受压承载力进行验算，当承载力不满足要求时，需增加临时支撑。当叠合墙板空腔内混凝土强度达到其抗压强度设计值的90%以上时，临时支撑方可拆除。

## 7 叠合框架结构设计

### 7.1 构件设计

7.1.1 叠合框架梁构件设计应符合本规程 5.3 节相关规定；叠合框架梁整体成型钢筋笼（图 7.1.1）由焊接箍筋网片或弯折成型箍筋网片和梁纵筋组成，当采用焊接箍筋网片时应满足以下要求：

- 1 箍筋肢距宜为 10mm 的整倍数；
- 2 焊接箍筋网片间距宜为 50mm 的整倍数；
- 3 梁下部纵向受力钢筋两端伸出预制构件的长度应满足锚固要求；
- 4 梁侧面构造纵筋可不伸出预制构件。



(a) 梁钢筋笼截面图

(b) 梁钢筋笼剖面图

图 7.1.1 叠合梁钢筋笼示意图

1—箍筋网片；2—构造纵筋；3—下部受力钢筋

**【条文说明】** 焊接箍筋网片采用自动化焊接方式在工厂生产，焊接质量可靠，可实现双肢、三肢及多肢箍筋网片的高效自动化生产。构造纵筋不出筋可有效提高生产及现场安装的效率。叠合梁预制部分在构件厂已完成大部分混凝土收缩，当梁有抗扭或抗拉需求时，可通过增大上下部纵筋的方式予以加强。

7.1.2 预制空心柱构造应符合下列规定（图 7.1.2）：

- 1 预制空心柱宜采用矩形截面，截面边长宜为 50mm 的整数倍，其宽度不宜小于 500mm 且不宜小于同方向梁宽 1.5 倍；预制部分厚度不宜小于 80mm；
- 2 预制空心柱内壁及端部均应设置粗糙面，粗糙面凹凸深度不应小于 4mm。

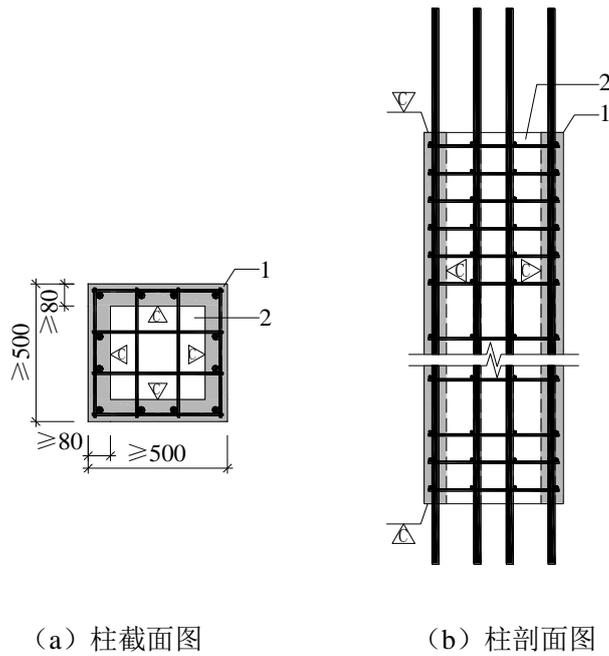


图 7.1.2 叠合柱截面示意图

1—预制部分；2—空腔部分

**【条文说明】** 矩形叠合柱截面尺寸小于 500mm 时，构件生产困难，空腔后浇混凝土施工困难，且后浇混凝土区域占比过小，考虑框架结构中小于 500mm 边长柱并不多见，故规定矩形柱最小边长。

80mm 壁厚可实现较好的预制构件整体性，且可确保纵筋可靠握裹。

叠合柱纵筋需结合焊接箍筋网片及梁柱节点纵筋避让等情况进行排布。

**7.1.3** 当采用双层预制空心柱时，上下层柱间空心区宜采取临时加强措施。（图 7.1.3）。

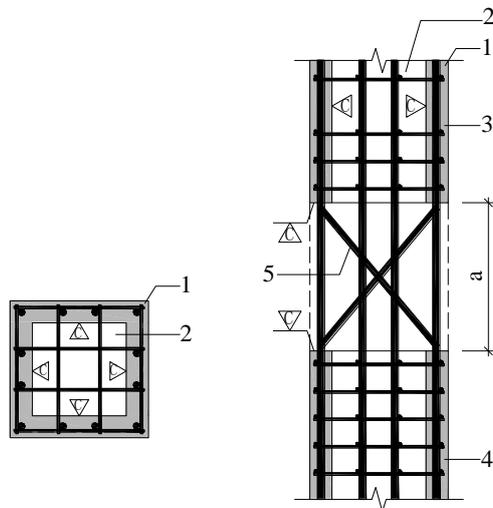


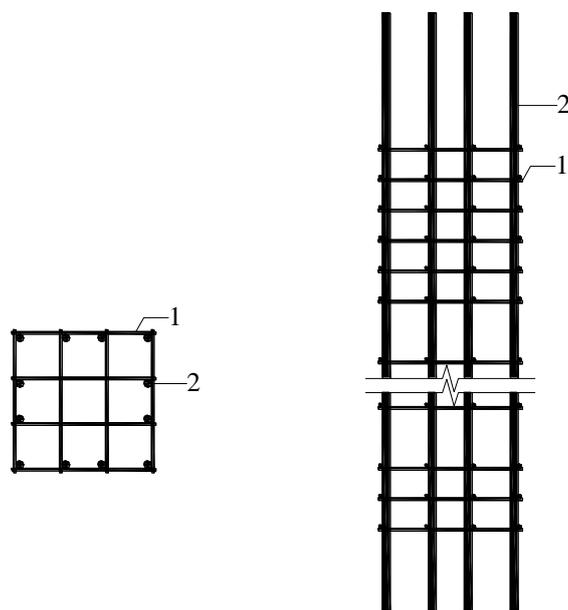
图 7.1.3 叠合柱截面示意图

1—预制部分；2—空腔部分；3—上层柱；4—下层柱；5—加强措施；*a*—空心区

**【条文说明】** 双层预制空心柱可以减少柱纵筋现场连接，降低项目成本，提高生产效率，可与 U 形叠合梁结合使用。柱空心区宜采用加强筋等措施保证构件在生产、运输、吊装过程中的稳定性。

**7.1.4** 叠合柱整体成型钢筋笼（图 7.1.4）可由焊接箍筋网片或弯折成型箍筋网片和柱纵筋组成，当采用焊接箍筋网片时应满足以下要求：

- 1 箍筋肢距宜取 10mm 整倍数；
- 2 焊接箍筋网片间距宜取 50mm 整倍数。



(a) 柱成型钢筋笼截面图

(b) 柱成型钢筋笼剖面图

图 7.1.4 柱成型钢筋笼

1—柱焊接箍筋网片；2—柱纵筋

**【条文说明】** 焊接箍筋网片肢距需综合考虑受力要求、工厂自动化生产需求、连接节点需求。

## 7.2 连接设计

**7.2.1** 叠合柱竖向连接处宜设置混凝土现浇段，现浇段宜设置在楼层标高处，现浇段内柱纵筋宜采用机械连接接头（图 7.2.1），现浇段及连接接头构造应符合下列规定：

1 下层叠合柱纵向受力钢筋应贯穿后浇节点区后与上层叠合柱纵筋在现浇段内连接，现浇段长度不宜小于 400mm，且应满足纵向钢筋机械连接的操作要

求；

2 纵筋机械连接接头应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中 I 级接头的相关要求；

3 纵筋机械连接接头净距不应小于 25mm；

4 纵筋机械连接接头上下第一道箍筋距套筒距离不应大于 50mm。

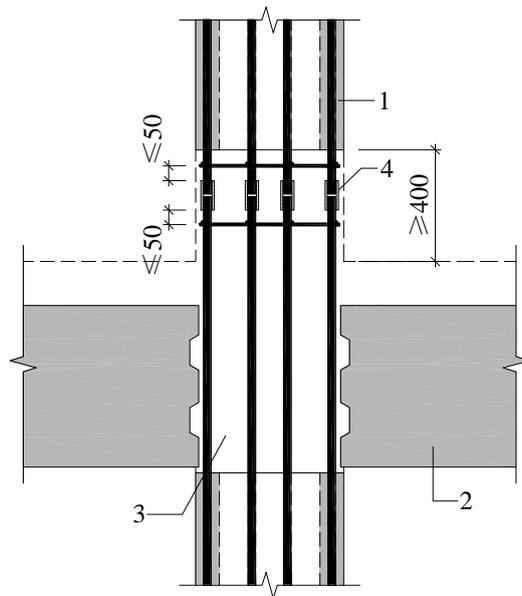


图 7.2.1 叠合柱竖向连接构造示意

1—叠合柱；2—叠合梁；3—后浇区；4—机械连接接头

7.2.2 叠合柱与基础竖向连接应设置混凝土现浇段，混凝土现浇段宜设置在基础顶面处（图 7.2.2），现浇段内柱纵筋宜采用机械连接接头，连接段及连接接头应符合下列规定：

1 柱底预留现浇段长度不宜小于 400mm，且应满足纵向钢筋机械连接的操作要求；

2 纵筋机械连接接头应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中 I 级接头的相关要求；

3 纵筋机械连接接头净距不应小于 25mm；

4 纵筋机械连接接头上下第一道箍筋距套筒不应大于 50mm。

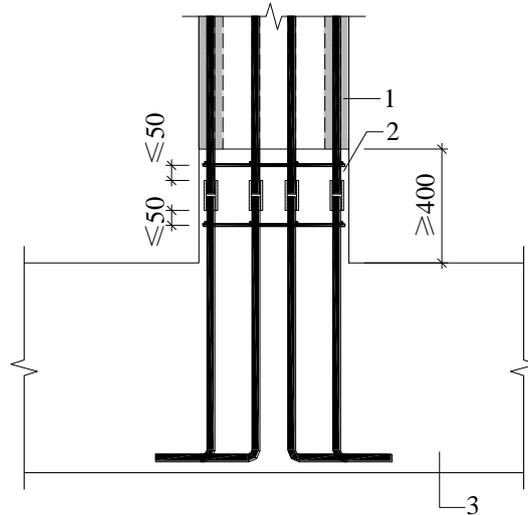


图 7.2.2 柱与基础竖向连接构造示意

1—叠合柱；2—机械连接；3—基础

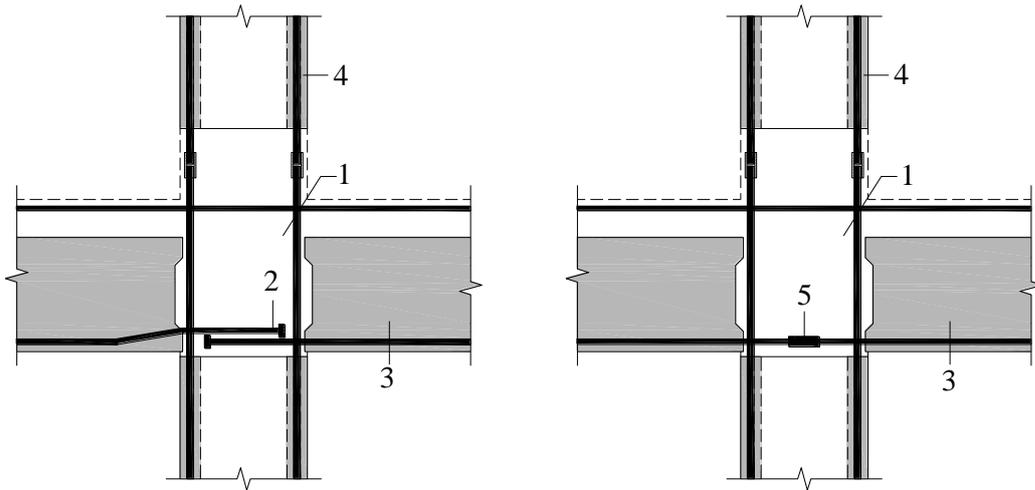
【条文说明 7.2.1~7.2.2】除传统的挤压套筒连接、钢筋直螺纹套筒连接外，柱纵筋可根据现场施工需求，采用更符合装配式结构的连接形式。

叠合柱纵向钢筋需有一定的出筋长度以便满足柱纵筋机械连接，下部叠合柱纵筋出筋长度需根据叠合梁高度、预留现浇段长度、机械连接件安装需求及上部叠合柱纵筋出筋长度等情况综合确定。

叠合框架结构基础插筋定位应严格控制精度，保证叠合柱纵筋连接质量，基础插筋可采用成型钢筋笼；当具备条件时最下节预制柱可随基础混凝土一同浇筑，柱纵筋锚入基础内。

**7.2.3** 叠合框架柱、梁节点应采用后浇段连接。梁纵向受力钢筋应伸入后浇节点区锚固或连接，并应符合下列规定：

**1** 对框架中间层中节点，节点两侧的梁下部纵向受力钢筋宜分别锚固在后浇节点区内（图 7.2.3-1a）；也可采用机械连接或焊接的方式直接连接（图 7.2.3-1b）；梁的上部纵向受力钢筋应贯穿后浇节点区。



(a) 梁下部纵向受力钢筋锚固 (b) 梁下部纵向受力钢筋连接

图 7.2.3-1 叠合柱及叠合梁框架中间层中节点构造示意

1—后浇区；2—梁下部纵向受力钢筋锚固；3—预制梁；4—预制柱；  
5—梁下部纵向受力钢筋连接

2 对框架中间层端节点，当柱截面尺寸不满足梁纵向受力钢筋的直线锚固要求时，宜采用锚固板等机械锚固措施（图 7.2.3-2），也可采用  $90^{\circ}$  弯折锚固。

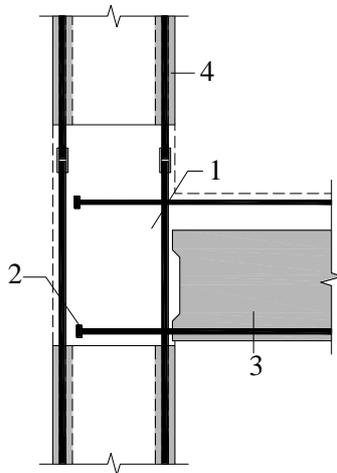


图 7.2.3-2 叠合柱及叠合梁框架中间层端节点构造示意

1—后浇区；2—梁纵向受力钢筋锚固；3—预制梁；4—预制柱

3 对框架顶层中节点，梁纵向受力钢筋的构造应符合本条第 1 款的规定。柱纵向受力钢筋宜采用直线锚固；当梁截面尺寸不满足直线锚固要求时，宜采用锚固板等机械锚固措施（图 7.2.3-3）。

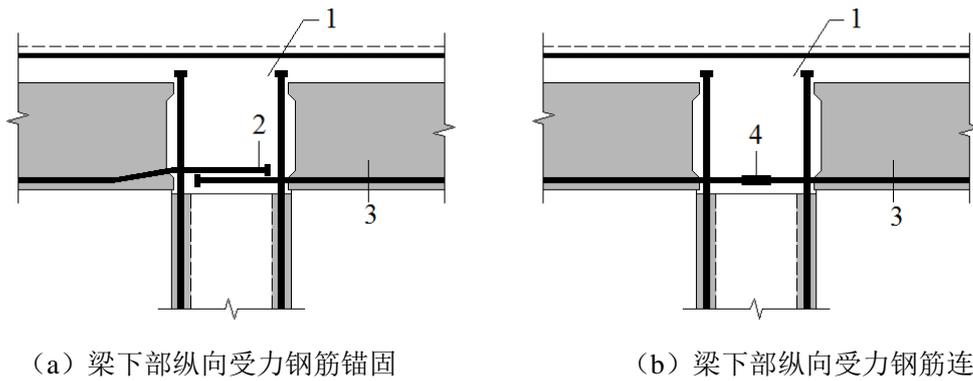


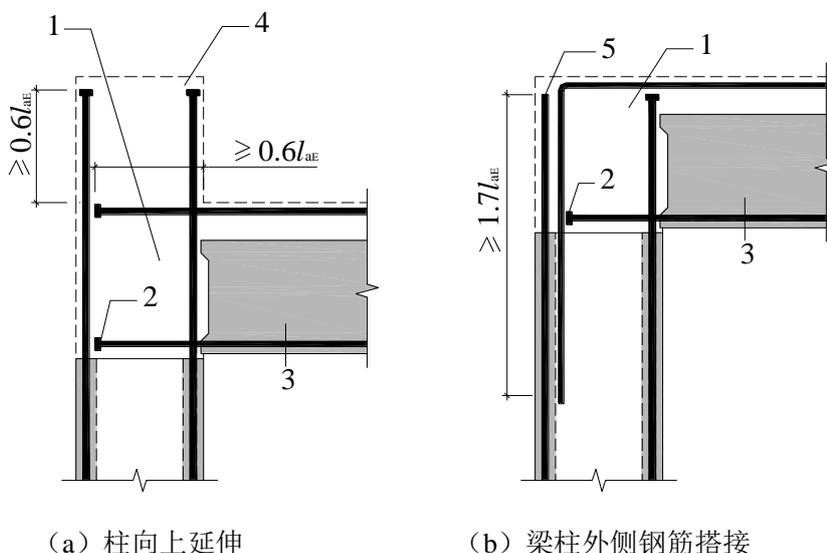
图 7.2.3-3 叠合柱及叠合梁框架顶层中节点构造示意

1—后浇区；2—梁下部纵向受力钢筋锚固；3—预制梁；4—梁下部纵向受力钢筋连接

**4** 对框架顶层端节点，梁下部纵向受力钢筋应锚固在后浇节点区内，且宜采用锚固板等机械锚固措施，梁、柱其他纵向受力钢筋的锚固应符合下列规定：

1) 柱宜伸出屋面并满足柱纵向受力钢筋锚固要求（图 7.2.3-4a），柱纵向受力钢筋宜采用锚固板等机械锚固措施，此时锚固长度不应小于  $0.6l_{aE}$ ，且应伸至柱顶。伸出段内箍筋直径不应小于  $d_1/4$ ， $d_1$  为柱纵向受力钢筋的最大直径；伸出段内箍筋间距不应大于  $5d_2$ ， $d_2$  为柱纵向受力钢筋较小直径，且不应大于 100mm；梁纵向受力钢筋应锚固在后浇节点区内，且宜采用锚固板等机械锚固措施，此时锚固长度不应小于  $0.6l_{aE}$ ，且应伸至柱外侧纵筋内侧。

2) 梁外侧纵向受力钢筋也可与梁上部纵向受力钢筋在后浇节点区搭接（图 7.2.3-4b），搭接长度不应小于  $1.7l_{aE}$ ，其构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；柱内侧纵向受力钢筋宜采用锚固板等机械锚固措施。



(a) 柱向上延伸

(b) 梁柱外侧钢筋搭接

图 7.2.3-4 叠合柱及叠合梁框架顶层边节点构造示意

1—后浇区；2—梁下部纵向受力钢筋锚固；3—预制梁；4—柱延伸段；  
5—梁柱外侧钢筋搭接

5 梁纵向钢筋在后浇节点区内采用直线锚固、弯折锚固和机械锚固的方式时，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；当梁、柱纵向钢筋采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定。

【条文说明】叠合框架结构梁柱节点中，梁钢筋在节点区的可靠锚固是保证节点受力性能的关键。梁柱纵向受力钢筋尽量采用较粗直径，避免节点核心区梁柱出筋过多，预制构件安装困难。梁柱纵向钢筋在节点核心区锚固位置冲突时，可采用弯折避让的方式，弯折角度不宜大于 1: 6。节点设计时宜组织合理的施工工序，控制节点核心区箍筋间距满足规范及计算要求。

框架顶层端节点柱向上延伸的锚固做法参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

7.2.4 当采用 U 形叠合梁时，梁下部受力纵向钢筋宜设置在槽内，钢筋在节点核心区的锚固及连接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

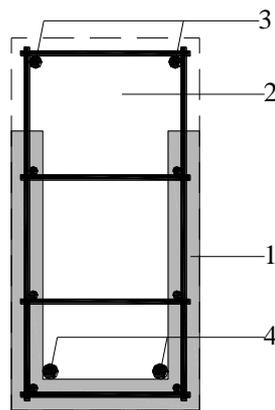


图 7.2.4 U 形叠合梁钢筋配置示意图

1—预制部分；2—现浇部分；3—叠合梁上部受力纵筋；4—叠合梁下部受力纵筋

## 8 叠合框架-剪力墙结构设计

**8.0.1** 叠合框架-剪力墙结构中剪力墙部分可采用叠合墙或现浇墙，框架柱、梁宜采用整体叠合构件；叠合构件设计应符合本规程相关章节的规定。

**8.0.2** 带边框叠合剪力墙的构造应符合下列规定：

1 边框柱宜采用现浇柱；

2 剪力墙的水平钢筋宜采用搭接方式锚入边框柱内，搭接钢筋直径不应小于相应部位墙体水平筋直径，间距不应大于相应部位墙体水平筋间距；搭接钢筋宜采用 U 型搭接钢筋，U 型搭接钢筋封闭一侧应钩住柱对侧纵筋（图 8.0.2-1），且与墙体内水平钢筋搭接长度不应小于  $1.2l_{aE}$ 。

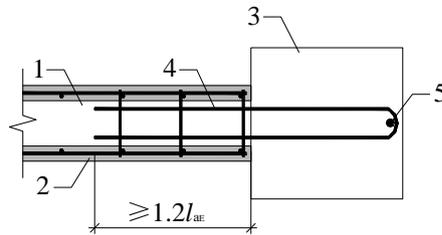
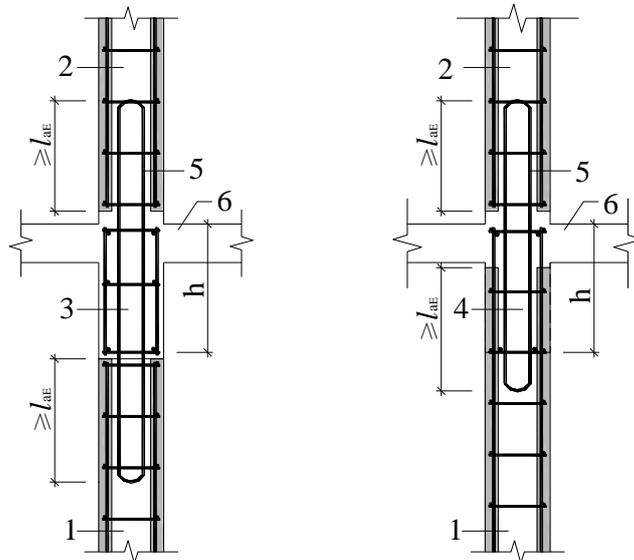


图 8.0.2-1 剪力墙端部钢筋搭接构造示意

1—墙体空腔部分；2—预制部分；3—边框柱；4—U 型搭接钢筋；5—柱纵筋

3 与剪力墙重合的框架梁宜做成宽度与墙厚相同的暗梁（图 8.0.2-2），暗梁可采用现浇或叠合构件，上下层预制空心墙板应通过封闭连接筋进行连接，连接筋应穿过暗梁伸入空腔内，伸入长度应不小于  $l_{aE}$ ，且直径不应小于相应部位墙体竖向钢筋直径，间距不应大于相应部位墙体竖向钢筋间距。



(a) 暗梁为现浇                      (b) 暗梁为预制

图 8.0.2-2 剪力墙顶部暗梁构造示意

1—下层剪力墙；2—上层剪力墙；3—现浇暗梁；4—叠合暗梁；5—封闭连接钢筋；6—楼板；  
h—暗梁高度范围

**8.0.3** 当剪力墙或核心筒墙肢与其平面外相交的楼面梁刚接时，应设置扶壁柱或在墙内设置暗柱，并应符合下列规定：

**1** 设置扶壁柱时，扶壁柱应为现浇，扶壁柱两侧剪力墙水平筋可采用封闭连接钢筋（图 8.0.3-1），连接筋直径不应小于墙体水平钢筋直径，间距不应大于墙体水平筋间距；连接筋伸入叠合剪力墙空腔内长度不应小于  $l_{aE}$ 。连接筋两端均应设置竖向插筋，插筋直径不宜小于 12mm，上下层竖向插筋可不连接。

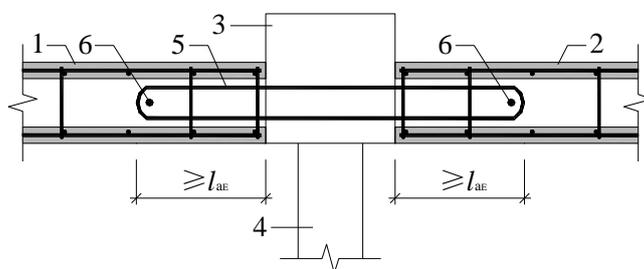


图 8.0.3-1 扶壁柱处剪力墙水平筋搭接构造示意

1—左侧剪力墙；2—右侧剪力墙；3—现浇扶壁柱；4—楼面梁；5—封闭连接钢筋；  
6—竖向插筋；

**2** 剪力墙内设置暗柱时，其截面应满足计算要求，且应满足梁端受拉钢筋锚固要求；暗柱宜采用叠合暗柱（图 8.0.3-2），其计算高度应根据连接钢筋位置进行折减，截面宽度可取梁宽与 2 倍墙厚的和。

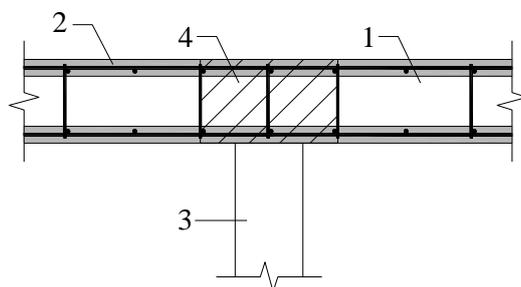


图 8.0.3-2 梁下暗柱构造示意图

1—墙体现浇部分；2—预制部分；3—楼面梁；4—梁下暗柱

**3** 暗柱及扶壁柱配筋应满足现行行业标准《高层混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。

**【条文说明】** 叠合暗柱在墙体水平接缝处为截面薄弱位置，需根据墙体竖向钢筋搭接排布对墙体厚度进行折减后作为叠合暗柱的截面计算高度。

**8.0.4** 当剪力墙或核心筒墙肢与其平面外相交的楼面梁铰接时，应符合本规程第6章的相关规定。

## 9 预制构件数字化设计

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 预制构件模型各应用方在深化设计、构件生产、施工安装、竣工验收与交付各实施阶段宜建立统一协同工作平台，宜采用统一编码和规则、共享模型数据。

**【条文说明】**预制构件建筑信息化模型设计，主要目的是实现设计、生产、施工的协同工作和信息共享，减少“错、漏、碰、缺”等错误的发生，提高预制构件质量，实现设计、生产、施工、运维一体化。各实施阶段应制定统一的规则要求，实现数据的有效共享，在统一的平台下进行相互协同工作。

**9.1.2** 预制构件建筑信息化模型的存储和维护宜符合各专业和不同软件间的数据交互要求，并宜保证模型数据有效传递和交换。

**【条文说明】**预制构件建筑信息化模型设计涉及到建筑、结构、设备、施工等各个专业，需满足各方的要求，预制构件模型应能够实现数据在各专业软件间的有效传输。

**9.1.3** 预制构件建筑信息化模型数据应能被构件生产设备识别，实现自动化生产。

**【条文说明】**为实现预制构件在工厂的自动化生产，模型导出的数据应能够被生产设备识别，驱动自动化生产，提高生产效率。

### 9.2 预制构件数字化设计要求

**9.2.1** 预制构件建模宜采用参数化建模软件，并宜满足下列要求：

- 1 具有预制构件三维设计功能；
- 2 具有预制构件深化设计功能；
- 3 具有模型的碰撞检查功能；
- 4 具有构件图纸输出功能；
- 5 保持建筑信息化模型与设计图纸一致；
- 6 模型数据内容和格式宜符合数据互用要求；
- 7 支持预制构件模型数据与生产设备的数据传递。

【条文说明】预制构件建模软件应能完成预制构件设计生产模型，预制构件施工图。支持二维和三维同平台工作，实现二维信息和三维信息的创建和修改同步结合。支持多专业协同工作，实现预制构件的深化设计。支持数据与设备对接，实现预制构件模型数据驱动工厂设备自动化生产。

#### 9.2.2 项目整体模型中的构件与预制构件模型及构件编码应一一对应。

【条文说明】保证项目、模型、构件信息的一致性，是实现相关方协同工作的基础。

#### 9.2.3 预制构件模型应进行碰撞检查。

【条文说明】应通过模型的碰撞检查保证生产及安装工作中不会发生钢筋、埋件、构件的碰撞。

#### 9.2.4 预制叠合墙板模型应包含明确的墙顶方向信息。

【条文说明】工厂可以根据模型数据自动转化两片墙板在模台上的布置图，并实现在模台上自动打印。

#### 9.2.5 预制构件模型创建宜采用数据格式相同或兼容的软件。当采用数据格式不兼容的软件时，应能通过数据转换标准或工具实现数据互用。

【条文说明】由于预制构件设计涉及到多个专业，各专业都有各自专业软件。数据格式兼容是实现各方协同工作的基础。

#### 9.2.6 预制构件模型单元中所含的埋件、吊件、孔洞、线盒等各种基本元素，同一种元素的定位基点应保持一致。

【条文说明】为保证各预埋件在生产过程中的正确定位，应保证同一预埋件定位信息的唯一性。

#### 9.2.7 预制构件模型中应包含以下信息：

- 1 应包含预制构件钢筋排布和规格信息；
- 2 应包含吊点、支承点设计；
- 3 应反映机电和装饰装修协同关系，包含制作、安装、使用阶段的预埋件。

【条文说明】预制构件设计涉及到结构配筋要求，生产、施工安装过程中需要的相关起吊和固定支撑的设计。预制构件上还应包括管线、机电、装饰等专业需求，必须在预制构件上设计和预留相关的预埋件。

### 9.3 预制构件图纸要求

**9.3.1** 预制构件图纸应包含模板图、配筋图、预埋件图、温板的排版图、拉结件布置图、大样图等图纸，图纸应包含项目名称、编号、混凝土强度等级、技术要求、材料用量等信息。

【条文说明】预制构件图纸最终需要提供给工厂加工生产，图纸上应包含生产加工所有详细的信息。图纸内容应包含几何信息，物料加工信息，生产工作的技术要求信息和构件使用的项目等信息。

**9.3.2** 预制叠合墙板图纸应包含所有墙板在模台面上的视图。

【条文说明】为满足预制叠合墙板生产时，两面墙都需要单独在模台面上制作，为便于生产识别，图纸中应包含各墙面在模台面上的视图表示。

**9.3.3** 预制构件图纸视图宜由三维模型直接生成，可根据工程应用需求增补必要的注释信息。

【条文说明】为保证模型和生产用图纸的一一对应，宜采用三维模型直接生产预制构件图纸，只允许增加必要的注释信息。

**9.3.4** 预制构件图纸中应注明必要的安装方向，并与预制构件布置图中的构件位置标识一致。

【条文说明】为避免预制楼板的安装出现错误，应在预制构件图纸和楼板平面拆分图中注明安装方向，并在预制构件出厂前在构件上应做好相应的标识。

### 9.4 预制构件数据交互要求

**9.4.1** 预制构件模型数据应满足生产设备识别要求，数据应包含下列内容：

- 1 预制构件整体模型数据；
- 2 各预制构件的生产数据；
- 3 各预制构件的图纸文件；
- 4 预制构件的几何信息、位置信息、材料信息等。

【条文说明】本条对模型设计后需要交互给构件生产商的数据信息做出相关要求。

整体模型数据宜采用 IFC 数据格式，IFC 数据主要包含各构件在整个项目的空间位置关系，可以不含钢筋和预埋件等信息；

预制构件生产数据宜为 Pxml 或 Unitechnick 格式。

预制构件图纸文件采用 pdf 格式，一个构件对应一个 pdf 文件。

预制构件的空间位置信息，构件包含的混凝土用量、钢筋详细信息和预埋件等信息。

**9.4.2** 单个预制构件输出的生产数据名称应与构件名称、图纸文件名称一致。

**【条文说明】**构件的生产数据文件名称应与构件的图纸文件名、预制构件的编号名称一致。

## 10 构件制作与运输

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 构件生产基本要求应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

【条文说明】预制构件是工厂化生产，生产单位通过一系列机械设备，以工厂制造模式完成构件生产及质量检验等。这就要求生产单位具备一定的生产工艺设施、试验检测条件和质量管理体系，并可使用信息化管理系统对质量进行追溯；同时，生产单位的检测计量仪器检定合格后需在有效期内使用。这些基本条件在《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 均有规定。

**10.1.2** 预制构件生产前的技术交底和生产方案应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的相关规定。

【条文说明】预制构件是工厂生产，现场安装，预制构件的生产质量决定后续安装质量，为此，在预制生产前一般会由设单位组织设计、生产、施工单位进行设计文件交底和会审，生产单位根据设计施工要求，编制生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等生产方案，对于采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，建议编制专门的生产方案，以确保预制构件按时按质完成生产，这些基本规定在《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 均有规定。

**10.1.3** 预制构件生产应建立首件验收制度。

**10.1.4** 对预制构件检验不合格的构件，应在构件显著位置使用明显标识注明，不合格构件宜远离合格构件区域，单独存放并集中处理。

【条文说明】合格的预制构件通常会粘贴相关合格标识，但对于不合格的构件，往往会被忽略，在工期紧张的时候，来不及修复或销毁前，容易被误当合格品出厂，造成后续工期和质量的影响，建议生产单位对此类不合格品进行单独管理。

**10.1.5** 预制构件的归档资料和预制构件交付的质量证明文件应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】预制构件作为一种商品或产品进行销售或使用，应该对预制构件产品生产同步形成的资料进行收集归档，并向使用方提供质量证明文件，这些归档

资料 and 产品质量文件包含的内容在《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 中做了明确的规定。

**10.1.6** 原材料及配件应按照国家现行有关标准、设计文件及合同约定进行进厂检验,检验批划分应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】预制构件使用的原材料及配件按一定的检验批次进行检验,并按国家现行有关标准进行检验,检验批划分原则按照《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定执行。

**10.1.7** 钢筋、成型钢筋、水泥、矿物掺合料、减水剂、骨料、轻集料、混凝土拌制及养护用水、钢纤维和有机合成纤维、脱模剂、保温材料、保温连接件的进厂检验应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】预制构件使用的钢筋、成型钢筋、水泥、矿物掺合料、减水剂、骨料、轻集料、混凝土拌制及养护用水、钢纤维和有机合成纤维、脱模剂、保温材料、保温连接件都必须进行进厂检验,以确保预制构件的生产源头是合格的。

## 10.2 设备与模具

**10.2.1** 预制空心墙板、叠合预制楼板生产宜采用移动式机组流水生产线的方式,生产线宜配备可适应生产不同规格预制空心墙板的自动翻转设备。

【条文说明】移动式机组流水生产线将构件生产分成数个生产工位,预制构件随模台在每个生产工位上完成该工位的工作,最终形成完整的构件,生产效率高,且适合工厂化制造。预制空心墙板是需要将A面(在模台翻转前,先浇筑的一侧预制板)预制好的薄板翻转叠合在B面(在模台翻转后,二次浇筑的一侧预制板)刚浇注混凝土薄板上,翻转过程中AB面对位精度要求很高,宜采用自动翻转设备,而非手工生产方式。

**10.2.2** 预制空心柱生产宜采用一体化成型的方式,并宜配备可适应不同规格预制柱尺寸的一体成型设备。

【条文说明】三一筑工研发出高效的预制空心柱构件生产设备,将成型钢筋笼放置到预制空心柱的专用模具中,浇注混凝土后,架设在特种设备上高速旋转一定周期,实现预制空心柱一次成型,成型质量好,效率高成本低。

**10.2.3** 模具应具有足够的强度、刚度和整体稳固性,并应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】预制构件生产成型主要是通过模具实现,除了模具本身的强度、刚度和整体稳固性,模具的使用性能也很重要,如易拆装、高周转利用率、固定牢靠,表面光洁等,这种通用要求在《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 中作了详细的规定。

**10.2.4** 预制空心墙板生产宜采用机械手自动布模和拆模,并宜配备带磁性装置的侧模;预制空心柱生产宜采用与预制空心柱截面相符且长度可调的专用模具。

【条文说明】预制空心墙板构件生产模具组装通过机械手自动布模,组装精度高,而机械手自动布模需要配备带磁性装置的模具,才能实现模具的自动抓取与放置。预制空心柱的模具为专用模具,截面尺寸与预制柱截面一一对应,长度可调,通过截面通用、长度可调提高模具的通用性,降低成本。

**10.2.5** 除设计有特殊要求外,板类、墙板类构件模具尺寸偏差和检验方法应符合表 10.2.5 的规定。

**表 10.2.5 板类、墙板类构件模具尺寸允许偏差及检验方法**

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
1	长度	≤6m	1, -2	激光测距仪或用尺测量平行构件高度方向,取其中偏差绝对值较大处
		>6m 且≤12m	2, -4	
		>12m	3, -5	
2	宽度	墙板	1, -2	激光测距仪或用尺测量构件两端或中部,取其中偏差绝对值较大处
3		其它板类	2, -4	
4	高(厚)度	墙板	0, -2	激光测距仪或用尺测量构件两端或中部,取其中偏差绝对值较大处
5		其它板类	2, -4	
6	底模板表面	清水面	2	2m 靠尺和金属塞尺测量
7	平整度	普通面	3	
8	对角线差值		3	用尺测量对角线
9	侧向弯曲	墙板	L/1500, 且≤3	拉尼龙线,钢角尺测量弯曲最大处
10		其它板类	L/1500, 且≤5	拉尼龙线,钢角尺测量弯曲最大处
11	翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距离值的两倍
12	端模与侧模高低差		1	用钢尺测量
13	组装缝隙		1	用塞片或金属塞尺测量,取最大值
14	门窗洞口位置偏移		2	尺量四周,取偏差最大值

注：L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

【条文说明】当预制空心墙板内外页厚度正超差时，后续安装过程中插筋容易与内外页碰撞，为此，通过将侧模高度设置为负偏差，有利于控制墙板内外页厚度不会正超差。预制空心墙板的侧模为带磁性侧模，通过机械手自动布模，要求模具侧向弯曲不能太大，否则，模具布置后易出现波浪形状，影响构件质量。

10.2.6 除设计有特殊要求外，梁、柱类构件模具尺寸偏差和检验方法应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 梁、柱类构件模具尺寸允许偏差及检验方法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
1	长度	柱的内腔	±4	用尺测量，取最大值
		梁	±4	
2	宽度	柱的内腔	±2	用尺测量两端或中部，取最大值
3		梁	1, -3	
4	高（厚）	柱的内腔	±2	用尺测量两端或中部，取最大值
5		梁	±5	
6	侧向弯曲		$L/1000$ ，且 $\leq 5$	拉尼龙线，钢角尺测量弯曲最大处
7	底模板表面平整度	柱的内腔面	3	2m 靠尺和金属塞尺测量
8		梁	3	
9	端模平整度		1	2m 靠尺和金属塞尺测量
10	柱顶对角线差		3	用尺测量对角线，取最大值

注：1) L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

2) 柱是指预制空心柱。

【条文说明】预制空心柱要求截面尺寸控制在±2mm 以内，通过专用模具控制进行控制，表格中的底模板表面平整度即为预制空心柱模具内腔四面平整度。

10.2.7 构件上的预埋件和预留孔洞宜通过模具进行定位，并应安装牢固，安装偏差应符合表 10.2.7 的规定。

表 10.2.7 模具上预埋件、预留孔洞安装允许偏差

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	插筋	中心线位置	3	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
2		外露长度	+10,0	用尺测量
3	预埋钢筋锚固板	中心线位置	5	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
4		平面高差	±2	用钢直尺和塞尺检查
5	预埋螺栓	中心线位置	2	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
6		外露长度	+5,0	用尺测量
7	预埋套筒及螺母	中心线位置	2	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
8		与混凝土面高差	0, -3	用钢直尺和塞尺检查
9	预埋钢板	中心线位置	3	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
10		平面高差	±2	用钢直尺和塞尺检查
11	预留孔洞	中心线位置	3	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
12		尺寸	±3	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向尺寸，取其中较大值
13	线盒、电盒、	中心线位置	10	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
14		与构件表面偏差	0, -5	用钢直尺和塞尺检查
15	吊环	中心线位置	3	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向的中心线位置取其中较大值
16		外露长度	0, -5	用钢直尺和塞尺检查
17	夹芯保温预制空心墙板的保温连接	尺寸	±5	激光测距仪或用尺量测纵横两个方向尺寸，取其中较大值

【条文说明】夹芯保温预制空心墙板在翻转合模过程中，保温连接件因外露在被翻转的A面板（在模台翻转前，先浇筑的一侧预制板），翻转过程中插入B面（在模台翻转后，浇筑的一侧预制板）容易与钢筋笼上的钢筋干涉，因此，要求保温

连接件不能随意安插在A面上，需按图纸位置尺寸安插。

**10.2.8** 预制构件中预埋门窗框时，应在模具上设置限位装置进行固定，并应逐件检验；门窗框安装偏差和检验方法应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】此条描述的门窗框安装偏差与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的规定一致。

### 10.3 钢筋加工与预埋件

**10.3.1** 焊接钢筋网应采用自动化机械设备进行加工。

【条文说明】预制空心墙板用梯子型钢筋网片和预制空心柱用田字型钢筋网片通过自动化的焊接设备才能提高生产效率。

**10.3.2** 钢筋连接除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**10.3.3** 钢筋半成品、钢筋网片、成型钢筋笼和钢筋桁架应检查合格后方可进行安装，钢筋网片和成型钢筋笼的尺寸偏差应符合表 10.3.3 的规定，钢筋桁架的尺寸偏差应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

表 10.3.3 钢筋网片和成型钢筋笼的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	绑扎钢筋网片	长、宽	±5	钢尺检查	
2		网眼尺寸	±8	钢尺量连续三档，取最大值	
3		对角线	5	钢尺检查	
4		端头不齐	3	钢尺检查	
5	焊接钢筋网片	长、宽	0, -3	钢尺检查	
6		网眼尺寸	叠合柱用	±3	钢尺量连续三档，取最大值
7			其它构件	±8	钢尺检查
8		对角线差	5	钢尺检查	
9		端头不齐	-3	钢尺检查	
10	成型钢筋笼	长、宽	0, -5	钢尺检查	
11		高(厚)	2, -5	钢尺检查	

项次	检验项目及内容		允许偏差 (mm)	检验方法
12	主筋间距	叠合柱	±3	钢尺量两端、中间各一点，取最大值
13		其它构件	±8	钢尺量两端、中间各一点，取最大值
14	主筋排距		±5	钢尺量两端、中间各一点，取最大值
15	箍筋间距		±10	钢尺检查
16	钢筋弯起点位置		±10	钢尺检查
17	端头不齐	叠合柱	-3	钢尺检查
18		其它构件	5	钢尺检查
19	保护层厚度	柱、梁	±5	钢尺检查
20		墙、板	±3	钢尺检查
21	后置钢筋笼外轮廓尺寸		0, -5	钢尺检查

【条文说明】 预制空心墙及预制空心柱在现场安装过程中，纵筋连接板用梯子型钢筋网片和预制空心柱用田字型钢筋网片通过自动化的焊接设备才能提高生产效率。

10.3.4 预埋件的规格、数量、位置等应符合设计要求，预埋件加工偏差应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

## 10.4 成型、养护及脱模

10.4.1 浇筑混凝土前检查项目和混凝土工作性能指标应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

10.4.2 混凝土应采用有自动计量装置的强制式搅拌机搅拌，并宜具有生产数据逐盘记录和实时查询功能。混凝土应按照混凝土配合比通知单进行生产，混凝土所用原材料计量误差应符合表 10.4.2 要求。

表 10.4.2 混凝土原材料每盘称量的允许误差（重量）

项次	材料的种类	允许误差 (%)
1	胶凝材料	±2
2	粗、细骨料	±2
3	水、外加剂	±1

【条文说明】 采用三一搅拌站可以将骨料计量误差控制±2%以内。

**10.4.3** 混凝土应进行抗压强度检验，并应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**10.4.4** 混凝土浇筑时应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定，预制空心墙板的 A 面与 B 面翻转合模前，B 面的混凝土浇筑时间及间歇时间不宜超过 20min。

**【条文说明】** 因预制空心墙板翻转合模时存在压入困难的情况，所以在 A 面翻转与 B 面合模前，要求 B 面的混凝土不能太干，否则 A 面的钢筋笼无法压入 A 面，不能成功合模。

**10.4.5** 预制空心墙板构件的混凝土振捣宜采用低频摇晃式机械振动方式成型。

**【条文说明】** 低频摇晃式振捣符合翻转设备的工况。

**10.4.6** 叠合墙板、叠合楼板、叠合梁构件的粗糙面成型可采用模板面预涂缓凝剂工艺，脱模后采用高压水冲洗露出骨料，叠合面粗糙面可在混凝土初凝前进行拉毛处理。

**10.4.7** 预制空心柱两端面的粗糙面可采用模具成型，叠合面的粗糙面可在一次成型过程中通过水洗方式成型。

**【条文说明】** 预制空心柱构件两端面可以通过具有粗糙面形状的薄模片粘附在端模上，与构件一起成型，而预制空心构件内腔四周叠合面的粗糙面可以通过水洗方式将浮浆冲洗干净后形成粗糙面。

**10.4.8** 预制构件养护应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**10.4.9** 预制构件脱模起吊时的混凝土强度应计算确定，且不宜小于15MPa。

## 10.5 预制构件检验

**10.5.1** 预制构件生产时应制定措施避免出现外观质量缺陷；预制构件的外观质量缺陷分类和外观质量检查应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**【条文说明】** 预制构件出模后应及时对其外观质量进行全数目测检查，检查项与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定一致。

**10.5.2** 预制叠合墙板类构件外形尺寸偏差和检验方法应符合表10.5.2的规定，预制楼板类构件外形尺寸偏差和检验方法应符合国家现行标准《装配式混凝土建

筑技术标准》GB/T 51231规定，预制构件有粗糙面时，与预制构件粗糙面相关的尺寸允许偏差可放宽1.5 倍。

表 10.5.2 预制叠合墙板类预制构件外形尺寸允许偏差和检验方法

序号	检查项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	墙板水平长度		±4	尺量,
	上下层相同位置墙片边缘位置差		5	用尺量两端和中部, 取偏差绝对值较大者
	内页板安装缝宽度		5	尺量,
	外页或内页墙板厚度		-3	用尺量四角和四边中部位置, 去其中偏差绝对值较大者
	总厚度		±3	
墙板高度		±3	用尺量两端和中部, 取偏差绝对值较大者	
2	表面平整	内表面	5	2m 靠尺和金属塞尺测量, 取靠尺与构件表面的最大缝隙
		外表面	3	
3	对角线差	墙板、门窗口	5	尺量两对角线
4	侧向弯曲		L/1000 且≤10	拉线, 尺量最大弯曲处
5	扭翘		L/750	四对角拉两根线, 量测两线交点之间的距离, 其值的 2 倍为扭翘值
6	预留孔洞	中心线位置偏移	5	用尺量纵横两个方向尺寸, 取其中较大者
		孔洞尺寸, 深度	±5	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大者
7	墙板上对应梁安装的槽口	槽口宽度、高度	5	尺量, 取其中较大者
		槽口侧壁定位偏差	5	
8	门窗洞	中心线位置偏移	5	用尺量纵横两个方向尺寸, 取其中较大者
		宽度、高度	±3	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中最大者
9	预埋螺栓	预埋锚板中心位置	5	尺量, 取其中较大者

序号	检查项目		允许偏差(mm)	检验方法
	等预埋件	预埋锚板与混凝土面平面高差	0, -5	
		预埋螺栓中心位置	2	
		预埋螺栓外露长度	±5	
		预埋套筒、螺母中心位置偏差	2	
		预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	0, -5	
		线盒、电盒、吊环中心位置偏差	15	
		线盒、电盒、吊环与构件表面偏差	0, -10	
10	预留插筋	中心线位置偏差	3	尺量, 取其中较大者
		外露长度	±5	
11	键槽	中心线位置偏移	5	尺量, 取其中较大者
		长度、宽度、深度	±5	

注: L为构件长度 (mm)。

【条文说明】预制叠合墙板类构件的外形尺寸必须符合叠合结构的安装精度要求, 预制楼板类构件与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定一致。

**10.5.3** 预制梁、柱类构件外形尺寸偏差和检验方法应符合表10.5.3的规定, 预制构件有粗糙面时, 与预制构件粗糙面相关的尺寸允许偏差可放宽1.5 倍。

**表 10.5.3 柱、梁类预制构件尺寸允许偏差和检验方法**

序号	检查项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预制空心柱	截面边长	±3	尺量
		混凝土高度	±5	
2	叠合梁	梁水平长度	±5	尺量
		梁截面宽度	-3	

		梁截面高度	±5	
3	表面平整	梁、内表面	5	2m 靠尺和金属塞尺测量
		叠合柱外表面	3	
4		对角线差	5	丈量两对角线
5		侧向弯曲	$L/750$ 且 $\leq 10$	拉线, 钢尺量最大弯曲处
6		扭翘	$L/750$	对角线用细线固定, 丈量中心点高度差值
7	预留孔洞	中心线位置偏移	5	丈量
		孔尺寸	±5	
8	预埋螺栓等预埋件	预埋锚板中心位置	5	丈量
		预埋锚板与混凝土面平面高差	0, -5	
		预埋螺栓中心位置	2	
		预埋螺栓外露长度	±5	
		预埋套筒、螺母中心位置偏差	2	
		预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	0, -5	
9	键槽	中心线位置偏移	5	丈量
		长度、宽度、深度	±5	

注: L 为构件长度 (mm)。

**10.5.4** 预制构件的预埋件、插筋、预留孔、结合面、粗糙面或键槽的检验标准应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**【条文说明】** 预制构件的预埋件、插筋、预留孔的规格、数量应符合设计要求, 预制构件的结合面、粗糙面或键槽成型质量应满足设计要求, 它们的检验数量及检验方法与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定一致。

**10.5.5** 夹芯保温预制空心墙板的拉结连接件的类别、数量、使用位置及性能应符合设计要求。

检查数量: 按同一工程、同一工艺的预制构件分批抽样检验。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件及隐蔽工程检查记录。

**10.5.6** 夹芯保温预制空心墙板用的保温材料类别、厚度、位置及性能应满足设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察、量测，检查保温材料质量证明文件及检验报告。

**10.5.7** 预制构件的门框、窗框预埋安装尺寸偏差应符合表 10.8.11 的要求。

检查数量：全数检验。

检查方法：见表 10.5.7。

**表 10.5.7 门框、窗框安装位置允许偏差及检验方法**

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
门窗框位置	水平方向	±2	钢尺测量
	竖直方向	±2	钢尺测量
门窗框对角线		±2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
门窗框水平度		±2	钢尺和金属塞尺测量

**【条文说明】**门框、窗框预埋后，安装尺寸偏差大将影响后续门和窗户的安装质量，并造成建筑整体美观性差，因此，在工厂预制时需对尺寸偏差严格控制。

## 10.6 堆放与运输

**10.6.1** 预制构件吊运应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定，夹芯保温预制空心墙板吊运应采用平衡吊架。

**【条文说明】**《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 规定了预制构件的吊点、吊索角度、吊运操作方式是预制构件吊运的基本要求。夹芯保温预制空心墙板作为叠合剪力墙结构的一类重要构件有其特殊性，其外页板仅仅靠保温连接件相连，在空腔未浇注前，墙体钢筋笼与外页板没有约束关系，起吊落地时外页板承受偏载能力极差，因此，需要通过平衡吊架保证起吊的平稳性，让外页板落地时保证竖直，避免边缘磕碰损坏。

**10.6.2** 预制空心墙板的门洞应安装临时加固支撑，且支撑应呈张紧受力状态。

【条文说明】预制空心墙板的门洞混凝土处于断续状态，此处比较脆弱，经不起磕碰，在吊运、运输、安装过程容易因碰撞而破损，特别是运输过程中，车辆的颠簸对门洞都将造成大的冲击，因此，要求生产单位必须通过支撑进行成品保护。

**10.6.3** 预制构件堆放除应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定外，尚应符合以下规定：

1 预制空心柱构件叠放层数不宜超过 2 层，且每个预制空心柱构件的垫木不得少于 2 组，垫木位置应在一条垂直线上；

2 预制空心墙板构件应采用专用存放架立放，其倾斜角度应保持大于 $85^{\circ}$ ；底部应设置柔性支撑，支撑间距不超过 $2\text{m}$ ，相邻预制构件间需用柔性垫层分隔开。

【条文说明】与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的存放规定不同的是预制空心柱构件的预制空心墙板构件，对这两类构件堆放限定的目的是保证构件不易开裂损坏。

**10.6.4** 预制构件成品保护应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

【条文说明】《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的对构件防开裂、金属外露件防腐等作出了明确规定，叠合结构构件的成品保护也应该符合这些规定。

**10.6.5** 预制构件运输除应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定外，尚应符合以下规定：

1 夹芯保温预制空心墙板的运输宜采用自装卸式的预制构件专用运输车；

2 预制空心墙板构件应采用专用存放架立放后一起运输，构件在专用存放架的倾斜角度应保持大于 $85^{\circ}$ ；并对专用存放架应固定牢靠；

3 预制空心柱构件运输应根据需要设置水平支架，牢靠固定在运输车上。

【条文说明】夹芯保温预制空心墙板的外页板较脆弱，采用托架立放运输可以防止运输颠簸造成外页的碰撞损坏，采用自装卸式的预制构件专用运输车可以降低运输高度，避免运输构件超高。

## 11 施工与验收

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 叠合结构施工应结合构件设计、生产、装配施工一体化的原则进行策划，并编制施工组织设计。

【条文说明】装配式整体叠合结构施工应根据结构构件拆分设计、机电管线优化、生产加工、装配施工一体化的原则，制定以装配为主的施工组织设计，按照相关流程报监理单位进行审批。

**11.1.2** 施工单位应根据叠合结构的安装与连接方式对施工现场构件吊装作业人员进行分项技术质量安全交底。

【条文说明】叠合结构连接方式不同于传统预制结构，且安装精度要求高，对现场管理人员及安装作业人员进行专项培训和技术交底，目的在于全面掌握相关的专项施工技术。

**11.1.3** 叠合结构施工应采用工具式、稳定可靠便于施工操作的工装系统，吊装应采用专用吊装工具，并应根据预制构件的形状、尺寸及重量等参数进行配置。工装系统的定型产品及施工操作均应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的相关规定，在使用前应进行必要的施工验算。

【条文说明】工装系统是指叠合结构施工安装所用的标准化堆放架、模数化通用吊梁、框式吊梁、起吊装置、吊钩吊具、预制空心墙板和预制空心柱斜支撑、预制空心柱定位装置、叠合板独立支撑、系列操作工具等产品。工装系统中的定型产品应本着安全可靠、便于施工操作的原则进行选择。

**11.1.4** 施工单位在叠合结构施工前应选择有代表性的单元构件进行试安装。

【条文说明】叠合结构是一种新的结构体系，施工前选择典型单元进行安装试验，对施工单位非常必要，不但可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训现场作业人员，验证并完善施工方案实施的可行性，这对于体系的后续大面积施工，具有重要指导意义。

**11.1.5** 叠合结构施工安装前应制定安全防护措施，并应满足国家现行相关标准的要求。

【条文说明】叠合结构外墙和边柱、角柱施工中，应结合装配施工特点，针对构件吊装、安装施工安全要求，制定安全防护措施。防护措施宜采用三角挂架，由方钢、槽钢、钢管等焊接而成，通过穿墙螺栓与预制墙板连接实现防护功能，对危险性较大分部分项工程应经专家论证通过后进行施工。

## 11.2 施工准备

**11.2.1** 叠合结构施工前应制定专项施工方案，施工方案应重点明确构件吊装顺序、安装工艺、预制空心墙板暗柱成型钢筋笼绑扎连接、预制空心柱钢筋连接、后浇段混凝土浇筑、质量及安全管理等内容。

【条文说明】叠合结构施工前应制定专项施工方案，并应经监理单位审核批准后组织实施。方案内应重点叙述构件吊装顺序、构件安装方法、墙板暗柱成型钢筋笼与墙体连接施工方法、预制空心柱的钢筋连接施工方法，后浇段模板支设及混凝土浇筑施工方法，质量管理包括全过程的成品保护及修补措施等。安全管理包括吊装安全措施、专项施工安全措施等。

**11.2.2** 施工现场的预制构件堆放区设置应满足高效吊装要求，具体要求参考本规范 10.7.3 条的相关规定。

【条文说明】施工现场预制构件堆放区应结合起重机械的作业半径合理设置，预制空心墙板采用专用存放架存放，其倾斜角度应保持大于 85°，底部应设置柔性支撑，支撑间距不超过 2m，存放架的间距应满足吊装人员的操作要求，预制空心柱应水平堆放，严禁超过 2 层，层间宜采用 100mm×100mm 木方进行隔离。

**11.2.3** 叠合结构构件安装施工前，应核对已完成结构的混凝土强度是否满足要求，并进行构件定位及测放控制线。

【条文说明】构件安装施工前，应根据同条件试块核对已施工完成结构的强度，并进行构件定位和测放构件控制线，控制线宜距离结构边 200mm。

## 11.3 构件安装与连接

**11.3.1** 预制构件安装应符合下列规定：

- 1 预制构件吊装前应进行班前安全技术交底，交底必须签字齐全；
- 2 竖向预制构件吊装前应检查构件安装面的轴线和定位控制线，并应符合测量规范的要求；

3 构件吊装应确定吊装顺序并预先编号，吊装施工时应严格按照编号顺序进行；

4 构件起吊前应检查吊具是否安装到位，并拧紧固定安全；

5 预制空心墙板安装前，应校核安装面预留插筋的规格、型号及位置，预留插筋沿墙板空腔宽度的方向位置误差应控制在负误差范围内，以保证预留插筋可靠的锚入预制空心墙板内；

6 预制空心柱安装前，应采用专用钢筋定位卡具校核预留钢筋的位置。

【条文说明】预制空心墙板安装前，应严格控制安装面沿墙板空腔宽度方向预留插筋的位置，两排插筋的排距严禁出现正误差，否则插筋不易可靠的锚入墙板空腔内，如有误差，应控制为负误差。误差范围宜在-8mm 范围内，预制空心柱插筋或柱体纵筋在安装前，应采用专用钢筋定位卡具进行校核，现场专用卡具宜同工厂预制空心柱生产用的模具定位卡具校核方式一致，以保证预留钢筋的定位误差满足安装要求。

**11.3.2** 预制空心墙板、预制空心柱等竖向空心构件安装后应采取临时固定措施对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整，临时固定措施应具有足够的强度、刚度，以保证构件的稳定性。

**11.3.3** 预制空心墙板安装应符合下列规定：

1 预制空心墙板构件安装前，应检查并清理空心墙板安装基层的疏松结合面；

2 叠合墙构件底部应设置可调整接缝厚度的垫块；

3 预制空心墙板应设置不少于 2 道可调节长度的斜支撑，斜支撑两端应分别与墙体和楼板固定，长斜支撑距离板底的距离宜为构件高度 2/3，短斜支撑距离板底的距离宜为构件高度 1/4；

4 预制空心墙板后浇墙段应先安装成型钢筋笼，再安装水平连接钢筋并与成型钢筋笼交叉点绑扎固定。

【条文说明】预制空心墙板暗柱后浇节点钢筋应先安装成型钢筋笼，用竖向预留插筋与成型钢筋笼绑扎连接，再用水平连接钢筋与成型钢筋笼绑扎固定，以便将暗柱与墙板可靠连接。为了便于水平连接钢筋操作安装，一字型暗柱和外墙 L 型暗柱及 T 型暗柱的水平连接钢筋在暗柱成型钢筋笼安装前提前放置在墙板网格筋临时绑扎，待成型钢筋笼就位绑扎后，再将水平钢筋与暗柱成型钢筋笼绑扎。

#### 11.3.4 预制空心柱安装应符合下列规定：

- 1 预制空心柱安装前，应检查并清理空心柱安装基层的疏松结合面；
- 2 预制空心柱的吊装可采用专用吊带，吊带可缠绕预制空心柱空腔内的箍筋网片十字交点作为吊点；
- 3 预制空心柱的纵向受力钢筋宜采用机械连接，宜采用专业的连接设备；
- 4 预制空心柱在安装过程中应采用专用的定位、导向、支撑工装，宜在柱体相邻垂直面设置 2 道可调节长度的斜支撑，斜支撑两端分别与柱体和楼板固定。

【条文说明】预制空心柱的吊装不宜在柱体空腔内预埋吊钩，在柱体空腔内预埋吊钩工厂生产时难度较大，且不经济，可直接利用空腔内的箍筋网片十字交点作为吊点，吊具采用扁平吊带（合成纤维组成），具有重量轻、强度高、不易损伤吊装钢筋等优异特点。

#### 11.3.5 叠合梁、叠合板安装应符合下列规定：

- 1 叠合梁、叠合板安装应设置临时支撑，支撑架体的基底应平整坚实；
- 2 叠合梁底、叠合板底临时支撑的间距应经设计计算确定，竖向连续支撑层数不宜少于 2 层且上下层支撑应对准；
- 3 叠合梁、叠合板安装时伸入支座的长度应符合设计要求，梁底和板底支座标高位置应保证水平，梁与支座接缝处应封堵密实；
- 4 叠合梁、叠合板钢筋锚入支座的长度应符合设计要求，当梁钢筋与支座构件钢筋发生冲突时，应对梁钢筋和支座位置的钢筋位置进行优化，经设计单位确认方可实施；
- 5 叠合梁、叠合板的临时支撑应待后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

#### 11.3.6 叠合构件后浇节点模板安装施工应符合下列规定：

- 1 预制空心墙板后浇段后浇节点模板和预制空心柱底部后浇区模板宜采用定型钢模板或铝模板，模板应具有足够的刚度，保证其稳定性、后浇混凝土的形状、尺寸和位置准确，防止漏浆；
- 2 预制空心墙板暗柱后浇节点模板可利用墙板预留穿墙孔加固，墙板预留孔位置应在构件深化设计阶段时提出。

【条文说明】预制空心墙板暗柱异型构件较多，采用散拼木模板支模困难，混凝

土的成型尺寸难以保证,为保证混凝土的成型质量,宜采用定型钢模板或铝模板,模板加固预留孔位置应在构件深化设计阶段提出预留条件。

#### **11.3.7 后浇混凝土施工应符合下列规定:**

1 预制空心墙板和预制空心柱空腔混凝土宜采用自密实混凝土,当采用普通混凝土浇筑时应振捣密实,宜选用  $\Phi 30\text{mm}$  及以下微型振捣棒;

2 预制空心墙板根部水平接缝位置两侧宜用木方封堵;

3 预制空心墙板空腔混凝土宜分层浇筑,每层浇筑高度不宜超过 1m,浇筑应保持水平向上完整浇筑;上层混凝土应在下层混凝土初凝前进行浇筑,预制空心柱空腔混凝土宜一次浇筑到梁底或板底;

4 混凝土浇筑应布料均衡,浇筑和振捣应采取措施防止模板、连接构件、钢筋、预埋件及其定位件移位;

5 楼板混凝土可单独浇筑,也可与预制空心墙板和预制空心柱混凝土同时浇筑,与空心墙板、空心柱混凝土同时浇筑时,宜待空心墙板、空心柱浇筑完成 1h 后再进行浇筑。

【条文说明】由于预制空心墙板空腔区域较小,宜采用自密实混凝土,当采用普通混凝土时应保证振捣密实,为预防预制空心墙板出现毛细裂缝,所以空腔区域混凝土宜采用  $\Phi 30\text{mm}$  及以下微型振捣棒振捣。浇筑预制空心墙板窗间墙时,两侧应均匀浇筑振捣,严禁从一侧向另一侧推进浇筑振捣。

### **11.4 质量验收**

**11.4.1** 叠合结构应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定进行质量验收。

**11.4.2** 叠合剪力墙后浇段的成型钢筋笼安装与连接应作为钢筋隐蔽工程重要的验收内容,并应满足现行国家标准的相关要求。

**11.4.3** 叠合柱采用机械连接用的材料进场验收应符合现行国家标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的相关规定。

**11.4.4** 叠合剪力墙和叠合柱的后浇段混凝土及空腔内的后浇混凝土强度应符合设计要求,后浇混凝土试块的留置与检验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 的相关规定。

【条文说明】叠合结构的后浇混凝土质量控制非常重要，不但要求其与其与预制构件的结合面紧密结合，还要求其自身浇筑密实，更重要的是要控制混凝土强度指标。可采用现浇结构的混凝土试块强度进行评定；预制空心墙板空腔内的后浇混凝土结构实体检验无法进行现场回弹检测，宜采用混凝土超声波测试仪进行无损检测，主要是检测混凝土的强度、混凝土的均一性、裂缝、蜂窝或霜冻后引起的缺陷。必要时可采用钻芯取样来检测混凝土的强度。

## 附录 A 预应力叠合板构造

**A.0.1** 在高层叠合结构中应用预应力空心楼板时，宜设叠合层，并应满足下列规定：

- 1 叠合层厚度不宜小于 60mm；
- 2 叠合层内应设置双向构造钢筋，其直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 200mm；
- 3 预应力空心楼板顶面应设置凹凸差不小于 4mm 的粗糙面。

【条文说明】预应力空心板是在世界范围内应用最广泛的一种预制钢筋混凝土构件。其优点是自重轻，承载力高，比较适用于大跨度结构空间。上世纪八十年代，美国混凝土技术协会（Concrete Technology Association；CTA）对无现浇层的空心楼板体系作为隔板承受横向力的能力作了专门试验研究，其结果表明配有摩擦剪力钢筋，无现浇混凝土面层的空心楼板体系是一种很好的抗侧力隔板结构体系。预应力空心板在美国加州（强地震地区）和日本等国家及地区都经历过实际地震考验，效果良好。

考虑到我国应用预应力空心楼板的实践经验不多，对于高层结构，建议增设叠合层以增大结构整体性。增加叠合层后，预应力空心板宜按简支板设计，叠合层内增设构造钢筋。

**A.0.2** 对于多层叠合剪力墙结构或叠合框架—剪力墙结构，预应力空心板端部可支承在剪力墙上，支承长度满足应本规程 A.0.3 条的要求；对于高层叠合剪力墙结构或高层叠合框架—剪力墙结构，预应力空心板端部不宜伸入剪力墙。

【条文说明】预应力空心板支承在剪力墙上，对剪力墙的截面存在一定的削弱。多层建筑中的剪力墙，轴压比及剪力均较小，可靠度较好，且本结构体系剪力墙内墙厚度不小于 200mm，外墙厚度不小于 150mm，充分考虑预应力空心板对剪力墙的削弱后，墙体仍具有足够的承载能力，故本规程允许多层结构中的预应力空心板伸入剪力墙内。当预应力空心板需要的支承长度较大，对剪力墙削弱较多时，应通过计算及可靠的构造措施保证结构的可靠性。

高层建筑剪力墙轴压及剪力均较大，对截面削弱较敏感，故对于高层结构，应避免楼板伸入墙体。

本条对多层及高层建筑的界定，详现行《高层建筑混凝土结构技术规程》

JGJ 3 的相关条文。

**A.0.3** 预应力空心板在混凝土构件上的最小支承长度  $a_{0\min}$  宜按下式采用：

$$a_{0\min} = \begin{cases} 50\text{mm} & L \leq 8.5\text{m} \\ 55\text{mm} & 8.5\text{m} < L \leq 10\text{m} \\ 80\text{mm} & 10\text{m} < L \leq 14.4\text{m} \\ 100\text{mm} & 14.4\text{m} < L \leq 18\text{m} \end{cases} \quad (\text{A.0.3})$$

式中： $L$ ——预制预应力空心板的计算跨度。

【条文说明】本条规定中，跨度大于不大于 10m 的预应力空心板支承长度数据参考《SP 预应力空心板》图集。由于叠合剪力墙单侧预制墙板的厚度一般为 50mm，本条按内插法给出了支承长度为 50mm 时的预应力空心板适用跨度。

**A.0.4** 预应力空心楼板端部支承于剪力墙上时（图 A.0.4），应采用坐浆料填实，坐浆料的性能应符合表 A.0.4 的要求。

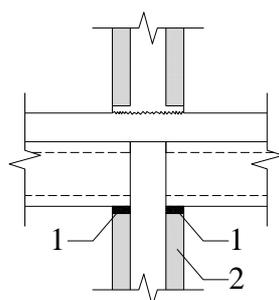


图 A.0.4 预应力空心板坐浆示意

1—坐浆；2—叠合剪力墙

表 A.0.4 坐浆料性能要求

项目	性能指标	试验方法标准
泌水率（%）	0	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
初凝时间	≥2h	《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
抗压强度(MPa)	1d	≥30
	3d	≥40
	28d	≥50
		《水泥胶砂强度试验》GB/T 17671
氯离子含量（%）	≤0.06	《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077

【条文说明】初凝时间大于 2 小时，是为了避免初凝过快导致构件调整时坐浆料产生裂缝，且应要求构件的位置调整应在 2 小时内完成。1 天内抗压强度达到

30MPa, 可以满足后续施工的要求; 28 天强度达到 50MPa, 满足受力的要求。

以 28 天强度进行评定, 可防止坐浆料后期强度倒缩。

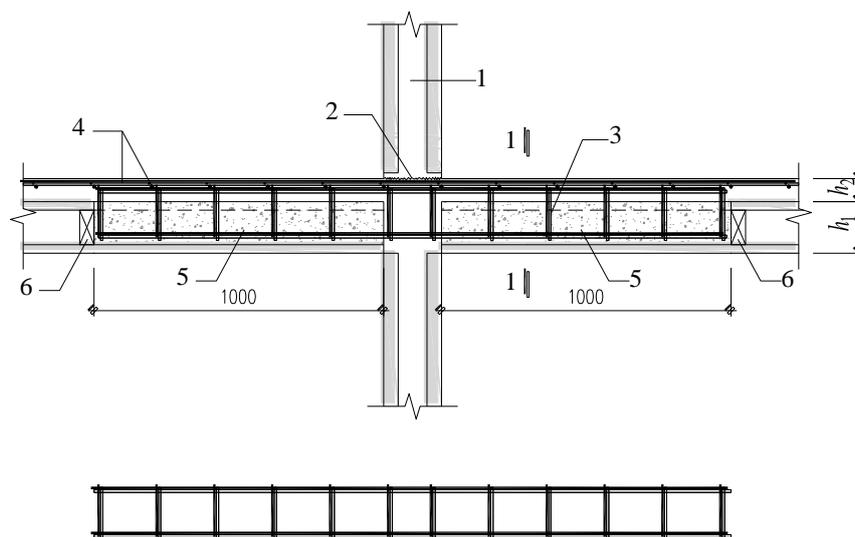
**A.0.5** 当预应力空心楼板不支承在剪力墙上时, 施工期间应在板端部增设施工支撑, 并在板端采取配置拉锚钢筋等加强措施 (图 A.0.5), 且应符合下列要求:

1 板端及板缝拉锚钢筋数量应通过计算确定, 且不宜小于  $2\Phi 10$  纵筋与  $\Phi 6@200$  短筋焊接组成的钢筋网片。网片下纵筋沿板宽方向每延米配筋量不得小于预制板内沿板宽方向每延米的配筋量;

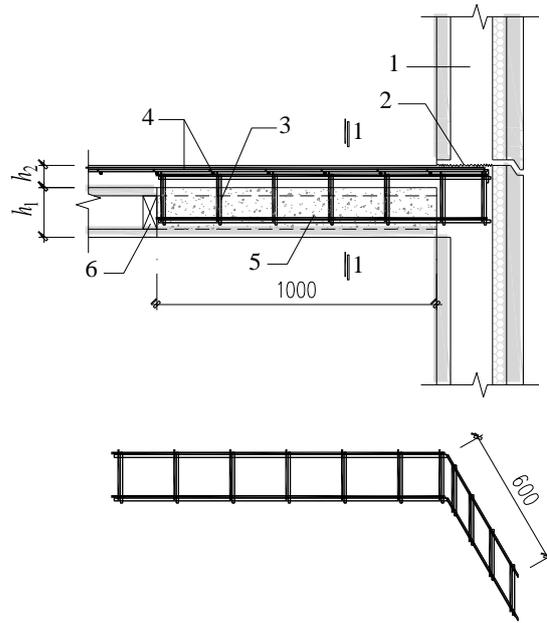
2 拉锚钢筋间距不应大于 600mm;

3 网片筋从支座边缘伸入板内长度不宜小于 1000mm, 当支座一侧有板时, 上述拉锚钢筋需弯折后锚入支座内, 弯折段长度不应小于 600mm;

4 芯孔灌孔混凝土强度等级不宜低于 C30。



(a) 板与叠合墙连接示意 (中间支座处)



(b) 板与叠合墙连接示意（端支座处）

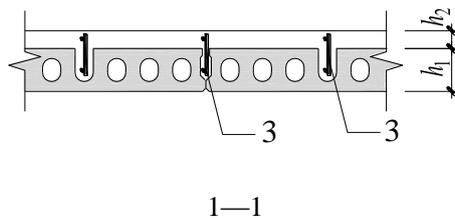


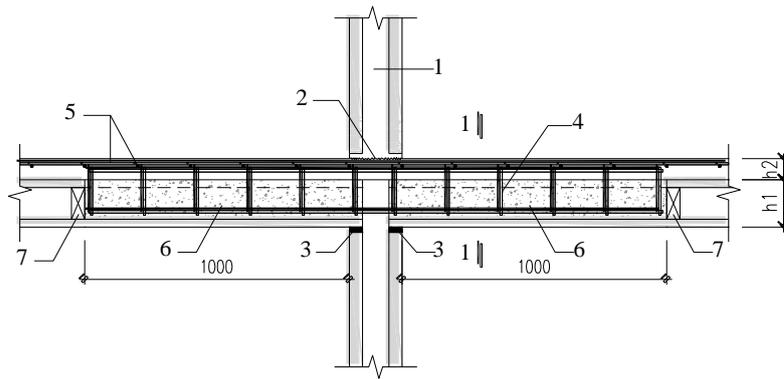
图 A.0.5 预应力空心板不支承在叠合墙上的连接示意

1—叠合墙；2—粗糙面；3—芯孔(及板缝)内拉锚钢筋网片；4—混凝土后浇层内构造钢筋；  
5—芯孔灌孔范围；6—板孔堵块； $h_1$ —预应力空心板厚度； $h_2$ —后浇叠合层厚度

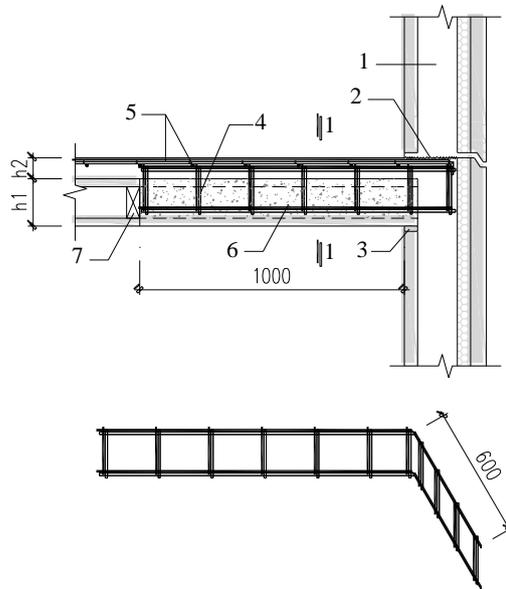
【条文说明】拉锚钢筋网片应通过板端直剪抗剪计算确定，必要时还可在叠合板顶增加拉结钢筋，并符合本规程的构造要求。灌孔混凝土强度应满足受剪计算要求。

**A.0.6** 当预应力空心楼板支承在剪力墙上时，板端应采取配置拉锚钢筋加强措施（图 A.0.6），且应符合下列要求：

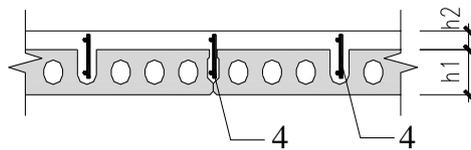
- 1 板端及板缝拉锚钢筋不宜小于  $2\Phi 10$  纵筋与  $\Phi 6@200$  短筋电焊组成的钢筋网片；
- 2 拉锚钢筋间距不应大于 600mm；
- 3 网片筋从支座边缘伸入板内长度不宜小于 1000mm，当支座一侧有板时，拉锚钢筋需弯折后锚入支座内，弯折段长度不应小于 600mm；
- 4 芯孔灌孔混凝土强度等级不宜低于 C30。



(a) 板与叠合墙连接示意（中间支座处）



(b) 板与叠合墙连接示意（端支座处）



1—1

图 A.0.6 预应力空心板支承在与叠合墙上的连接示意

1—叠合墙；2—粗糙面；3—板底坐浆；4—芯孔(及板缝)内拉锚钢筋网片；5—混凝土后浇层内构造钢筋；6—芯孔灌孔范围；7—板孔堵块  $h_1$ —预应力空心板厚度； $h_2$ —后浇叠合层厚度

【条文说明】本条所述预应力空心板的拉锚措施主要是增加其可靠性，增强防坠落及抗连续倒塌的能力。灌孔混凝土强度应满足受剪计算要求。

**A.0.7** 板端应采用不低于 M3.5 砂浆块或 C10 混凝土堵严板孔，并将多余砂浆或混凝土清理干净，堵块距离板端不宜小于 60mm，堵块厚宜为 50mm(A.0.7)。

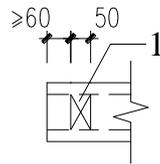


图 A.0.7 板端封堵做法示意

1—板孔堵块

**A.0.8** 板侧支座处宜增设拉锚钢筋（图 A.0.8），其构造应满足下列要求：

- 1 拉锚钢筋直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 1000mm；
- 2 拉锚钢筋进入支座内段宜向下弯折，其水平投影长度不应小于 120mm；
- 3 拉锚钢筋在板缝内的弯钩总长度不宜小于 350mm，其中竖直段长度不宜小于  $(h-40)$  mm，其中  $h$  为预制板厚度；

4 图中  $b_1$  为支座与板侧预留缝隙，其宽度按设计需求，如穿管线，宜控制在 60mm。

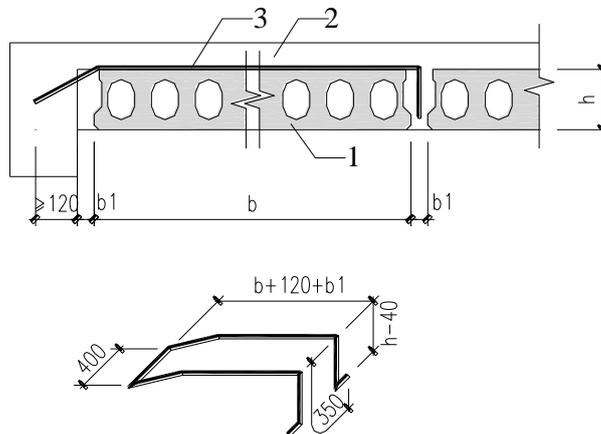


图 A.0.8 板侧支座做法示意

1—预应力空心板；2—后浇叠合层；3—拉锚钢筋；

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；  
2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 2 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 3 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 4 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 6 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 7 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 8 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 9 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 10 《不锈钢棒》 GB/T 1220
- 11 《不锈钢冷轧钢板和钢带》 GB/T 3280
- 12 《不锈钢冷加工棒》 GB/T 4226
- 13 《不锈钢热轧钢板和钢带》 GB/T 4237
- 14 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 15 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 16 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 17 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 18 《建筑钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
- 19 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》 JGJ 95
- 20 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 21 《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》 JGJ 110
- 22 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114
- 23 《外墙饰面砖工程施工及验收规程》 JGJ 126
- 24 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
- 25 《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》 JGJ/T 458
- 26 《混凝土接缝用建筑密封胶》 JC/T 881