

ICS 91.080.40

P 25

DB21

辽宁省地方标准

DB21/TXXXX-20XX

JXXXXX-20XX

装配整体式剪力墙结构设计规程(暂行)

Specification for design of assembled monolithic shear wall
structures (Trial)

报批 s 稿

20XX-XX-XX 发布

20 XX - XX - XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅
辽宁省质量技术监督局

联合发布

带格式的：边框:底端: (无框线)

辽宁省地方标准

装配整体式剪力墙结构设计规程(暂行)

Specification of design for assembled monolithic shear wall
structures (Trial)

DB21/TXXXX-20XX

主编部门：沈阳市城乡建设委员会

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

施行日期：20XX 年 XX 月 XX 日

20XX 沈阳

前 言

为转变经济发展方式和建设资源节约型、环境友好型社会，大力推进现代建筑产业化，在辽宁省行政区域内应用并推广装配整体式剪力墙结构，沈阳市城乡建设委员会组织沈阳建筑大学等单位组织编写《装配整体式剪力墙结构设计规程(暂行)》。

本规程总结、借鉴、吸纳了国内外装配整体式剪力墙结构体系的试验数据、实施经验及成果，经充分讨论和广泛征求设计、施工、监理、建设单位意见和建议后制定本规程。

本规程主要内容包括：总则、术语符号、基本规定、材料、结构设计、构件设计与构造、连接设计与构造。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅归口管理，由沈阳建筑大学负责解释。在实施本规程过程中，若发现有需要修改或补充之处，请将意见或建议寄至沈阳建筑大学（沈阳市浑南新区浑南东路9号，邮编110168，联系电话：024-24691800），以便今后修订。

主编部门：沈阳市城乡建设委员会 沈阳市现代建筑产业化管理办公室

主编单位：沈阳建筑大学

参编单位：辽宁省建筑设计研究院

沈阳市建筑研究院

沈阳市建筑设计院

黑龙江宇辉集团

哈尔滨工业大学

哈尔滨学院

亚泰集团沈阳现代建筑工业有限公司

东南大学

中南控股集团有限公司

江苏南通三建集团有限公司

沈阳万科房地产开发有限公司

辽宁冠隆集团

沈阳兆寰现代建筑产业园有限公司

主要起草人：刘明 刘海成 隋明悦 居理宏 张波 刘德良 张前国 李庆钢 李爱国 刘文清 姜洪斌 闫红缨

张新全 张建国 郑勇 顾春健 徐兵 郭正兴 孙天乐 吴红兵 张巨松 雷云霞 金路 孙丽

孟宪宏 孔春荣 代俊杰 张德海 梁晓勇 曹祖明 陆辉 陆红球 李青山

主要技术审查单位：清华大学

中国建筑标准设计研究院

中国建筑科学研究院

中国建筑东北设计研究院

主要技术审查人：钱稼茹 李晓明 窦南华 田春雨 佟咸豪 黄堃 颜万军

目 次

1 总 则.....	1
2 术语、符号.....	2
2.1 术语	2
2.2 主要符号	3
3 基本规定.....	5
4 材料.....	6
4.1 混凝土	6
4.2 钢材	7
4.3 连接材料	8
5 结构设计.....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 荷载、地震作用及效应组合.....	11
5.3 结构计算分析	12
6 构件设计与构造.....	13
6.1 一般规定	13
6.2 预制墙板设计与构造.....	14
6.3 叠合梁、叠合板及预制楼梯设计与构造.....	16
7 连接设计与构造.....	19
7.1 一般规定	19
7.2 预制剪力墙接缝承载力验算.....	20
7.3 叠合板、叠合梁接缝承载力验算.....	22
7.4 构造要求	24
附录 A 预制板桁架筋示意图.....	30
引用标准名录.....	31
本规程用词用语说明.....	32
条文说明.....	33
1 总 则.....	34
3 基本规定.....	35
4. 材料.....	36
4.1 混凝土	36
4.2 钢材	36
4.3 连接材料	36
5 结构设计.....	37
5.1 一般规定	37
5.2 荷载、地震作用及基本组合.....	37
5.3 结构计算分析	37
6 构件设计与构造.....	39
6.1 一般规定	39
6.2 预制墙板设计与构造.....	39

6.3 叠合梁、叠合板及预制楼梯设计与构造.....	39
7 连接设计与构造.....	41
7.1 一般规定.....	41
7.2 预制剪力墙接缝承载力验算.....	41
7.3 叠合板、叠合梁接缝承载力验算.....	42
7.4 构造要求.....	42

带格式的：边框:底端: (无框线)

带格式的: 边框: 底端: (无框线)

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Materials	6
4.1	Concrete	6
4.2	Steel	7
4.3	Connection Materials	8
5	Structural Design	10
5.1	General	10
5.2	Loads, Earthquake Action and Fundamental Combination	11
5.3	Structural Analysis	12
6	Design and Details of Components	13
6.1	General	13
6.2	Design and Details of Precast Shear Wall	14
6.3	Design and Details of Composite Members	16
7	Connection Design	19
7.1	General	19
7.2	Verification of Shear Capacity for Shear Wall Joint	20
7.3	Verification of Capacity for Composite Members Joint	22
7.4	Construction Requirements	24
	Appendix A Diagrammatic Section of Truss Bar for Precast Slab	30
	List of Quoted Standards	31
	Explanation of Wording in This Specification	32
	Addition: Explanation of Provisions	33

带格式的: 边框:底端: (无框线)

1 总 则

1.0.1 为了在装配整体式钢筋混凝土剪力墙结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全、适用、经济,保证质量,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于辽宁省非抗震设计以及抗震设防烈度为 6、7 度抗震设计的标准设防类民用建筑装配整体式钢筋混凝土剪力墙结构。

1.0.3 装配整体式钢筋混凝土剪力墙结构的设计除应符合本规程外,尚应符合国家及辽宁省现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 装配整体式钢筋混凝土剪力墙结构 assembled monolithic reinforced concrete shear wall structure

主要受力构件部分或全部由预制剪力墙、叠合梁、叠合板组成, 采用有效方式将预制构件连接成为整体的钢筋混凝土剪力墙结构, 简称装配式剪力墙结构。

2.1.2 混凝土抗剪粗糙面 rough surface

采用化学方法或特殊工具形成的预制混凝土构件凹凸不平的表面, 简称粗糙面。

2.1.3 套筒灌浆连接 grout-filled sleeve connection

采用两端为内部设有凹槽的金属套筒, 或者一端为直螺纹、另一端为内部刻有凹槽的金属套筒, 在套筒中灌注灌浆料, 为预制剪力墙板竖向钢筋提供可靠的机械连接。

2.1.4 约束浆锚搭接连接 constraint grout-filled lap connection

在钢筋搭接长度范围内设置螺旋箍筋约束的, 在预制混凝土的预留孔中插筋并灌浆、或直接在现浇混凝土中进行的钢筋搭接连接。

2.1.5 钢筋浆锚搭接连接 reinforced grout-filled lap connection

墙板主要受力钢筋采用插入一定长度的钢套筒或预留金属波纹管孔洞, 灌入高性能灌浆料形成的钢筋搭接连接接头。

2.1.6 金属波纹浆锚管 metal spiral sheath for pulp anchor connection

采用镀锌钢带卷制形成的单波或双波形咬边扣压制成的预埋于预制钢筋混凝土构件中用于竖向钢筋浆锚连接的金属波纹管。

2.1.7 灌浆料 grout

在套筒灌浆连接的套筒和约束浆锚搭接连接的锚孔中灌注的一种特制的水泥基材料。

2.1.8 接缝 joint

预制构件与现浇混凝土连接的交界面, 接缝可分为结合面和叠合面。

2.1.9 结合面 joint surface

预制混凝土构件与现浇混凝土连接处的表面。

2.1.10 叠合面 laminated surface

在预制混凝土叠合构件上(如叠合梁、叠合板)后浇混凝土的承托面。

2.2 主要符号

2.2.1 材料性能

$C20$ —立方体强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土强度等级;

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值;

f_t —混凝土轴心抗拉强度设计值;

f_y —普通钢筋抗拉强度设计值;

f_y' —普通钢筋抗压强度设计值;

f_{yd} —对角斜筋抗拉强度设计值。

2.2.2 作用, 作用效应及承载力

N —轴向力设计值;

M —弯矩设计值;

V —剪力设计值;

σ_s —螺旋箍筋应力值;

S_d —接缝作用效应组合设计值;

R_{jd} —持久、短暂设计状况下接缝承载力设计值;

R_{jDE} —地震设计状况下接缝承载力设计值;

R_m —被连接构件的相应承载力设计值;

V_{jd} —持久、短暂设计状况下接缝抗剪承载力设计值;

V_{jDE} —地震设计状况下接缝抗剪承载力设计值;

τ_s —叠合面剪应力设计值;

τ_{rh} —叠合面剪切摩擦强度设计值;

Q_s —叠合板、叠合梁端部剪力设计值;

V_s —结合面剪力设计值;

V_R —结合面抗剪承载力设计值;

$V_R(K)$ —键槽抗剪承载力设计值;

$V_R(CO)$ —现浇混凝土承载力设计值;

$V_R(DO)$ —栓钉抗剪承载力设计值, 栓钉与剪力的夹角为 90° 。

2.2.3 几何参数

A_{sv} —叠合面内箍筋的全部截面面积;

l_l —受拉钢筋的搭接长度;

l_a —受拉钢筋的锚固长度;

D_{cor} —螺旋箍筋核心混凝土截面直径;
 S_v —螺旋箍筋间距;
 d —纵筋直径;
 a —满足灌浆要求的预留孔净尺寸;
 A_c —剪切面面积;
 A_s —穿过水平缝的竖向钢筋总面积;
 s_y —水平叠合面以上部分截面对截面形心的面积矩;
 A_{K1} ——剪力键凸出部的承压面积;
 A_{K2}^{\cdot} —接合面最上面和最下面可能发生受拉破坏的剪力键的根部剪切面积之和;
 A_{K2}^{\sim} —其余各剪力键根部的剪切面积之和;
 A_{DO} —单根销栓钢筋面积。当钢筋与接合面法向夹角为 θ 时, 乘 $\cos \theta$ 折减;
 n_d —销栓钢筋根数;
 a_{ss} —叠合层混凝土截面面积;
 b —梁宽;
 t_1 —预制板厚;
 t_2 —叠合板厚;
 k —预制板伸入梁内的长度;
 $A_{y,d}$ —单向对角斜筋截面面积。

2.2.4 计算系数及其他

ζ_1 —受拉钢筋搭接长度修正系数;
 ζ_2 —受拉钢筋搭接长度约束修正系数;
 ρ_v —螺旋箍筋体积配箍率;
 γ_0 —结构重要性系数;
 γ_j —非抗震时接缝承载力附加分项系数;
 γ_{jE} —抗震时接缝承载力附加分项系数;
 γ_{RE} —接缝承载力抗震调整系数;
 β_c —混凝土强度影响系数;
 μ —摩擦系数;
 α —剪力键验算的承压系数;
 θ —对角斜筋与梁纵轴的夹角。

3 基本规定

3.0.1 装配式剪力墙结构房屋建筑的建筑设计应在方案设计阶段进行整体策划，协调建设、设计、施工、制作、监理之间的关系，并与结构、设备等专业密切配合。

3.0.2 装配式剪力墙结构房屋建筑的结构设计应重视概念设计，装配式剪力墙结构不应采用特别不规则的结构，预制构件之间的连接应保证构件的连续性、整体性和结构的整体稳固性。

3.0.3 装配式混凝土剪力墙结构的构件拆分，应满足以下要求：

1 预制构件的拆分应符合模数协调原则，综合考虑结构受力性能、构件加工生产能力、运输能力等因素，并优化预制构件的尺寸和形状，减少预制构件的种类；

2 相关的连接接缝构造应简单、传力可靠，所形成的结构体系承载能力应安全可靠；

3 被拆分的预制构件应与施工吊装能力相适应，并应便于施工安装，便于进行质量控制和验收。

3.0.4 装配式剪力墙结构房屋施工图和预制混凝土构件加工详图设计应满足以下要求：

1 施工图应由设计单位完成；

2 混凝土预制构件加工详图应有完整的预制混凝土构件拆分图和排版图，加工详图应由具有设计能力的构件加工企业或专业设计咨询单位完成，其内容和深度应满足混凝土预制构件的加工要求；

3 混凝土预制构件加工详图应由设计单位会签确认。

带格式的: 边框:底端: (无框线)

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 装配整体式剪力墙结构混凝土材料的各项性能指标和耐久性要求，应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476 的规定。

4.1.2 预制混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C30。

4.2 钢材

4.2.1 装配整体式剪力墙结构钢材的各项性能指标耐久性要求,应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定,其质量标准应符合《碳素结构钢》GB/T700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

4.2.2 预制混凝土剪力墙结构钢筋宜选用 HPB300、HRB335、HRB400、HRB500、HRBF335、HRBF400、HRBF500 级热轧钢筋,预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

4.2.3 钢板宜选用 Q235 钢和 Q345 钢。

4.2.4 预制混凝土构件中采用的钢筋焊接网应符合《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的规定。

4.3 连接材料

4.3.1 钢筋套筒用球墨铸铁应符合 GB/T 1348 的规定，其材料性能应符合表 4.3.1-1 的规定；钢筋套筒用优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢，其材料的机械和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 8162、GB/T 1591 和 GB/T 3077 的规定，同时材料性能应符合表 4.3.1-2 的规定。

表 4.3.1-1 球墨铸铁套筒的材料性能

项目	性能指标
抗拉强度 (MPa)	≥550
延伸率 (%)	≥5
球化率 (%)	≥90
硬度 (HBW)	180~250

表 4.3.1-2 钢套筒的材料性能

项目	性能指标
屈服强度 (MPa)	≥355
抗拉强度 (MPa)	≥600
延伸率 (%)	≥16

4.3.2 灌浆料应采用水泥基灌浆料，其性能指标应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 水泥基灌浆料性能指标及检验标准

项目	性能指标			检验标准
	套筒灌浆连接	约束浆锚搭接连接	钢筋浆锚搭接连接	
泌水率	0%	0%	0%	GB/T 50080
流动度/初值	≥290 mm	≥200 mm	≥290mm	GB/T 50448
流动度/保留值(30min)	≥260 mm	≥150 mm	≥200 mm	
竖向膨胀率_3h	0.00%-3.50%	0.02-0.5%	0.0%-0.05%	GB/T 50448
竖向膨胀率_24h	0.02%-0.50%	0.05-0.5%	0.0%-0.03%	
抗压强度_1d	30 MPa	20MPa	20MPa	GB/T 17671
抗压强度_3d	50 MPa	40MPa	40MPa	
抗压强度_28d	85 MPa	60MPa	60MPa	
对钢筋锈蚀作用	无	无	无	GB 8076

4.3.3 金属波纹浆锚管性能指标除应符合现行国家行业标准《预应力混凝土用金属螺旋管》JG/T3013 的规定外，尚应符合下列要求：

- 1 金属波纹浆锚管应采用镀锌钢带卷制而成的单波或双波金属波纹管；
- 2 金属波纹浆锚管的波纹高度不应小于 3mm。

4.3.4 当抗剪粗糙面采用化学方法形成时，宜采用专用的混凝土露骨料药剂，并应符合下列规定：

- 1 露骨料药剂不得含有氯离子和硫酸根离子、磷酸根离子，PH 值应在 6~8 之间；

带格式的: 边框: 底端: (无框线)

- 2 露骨料药剂不应腐蚀混凝土骨料，也不应影响混凝土的长期强度；
- 3 露骨料药剂不应含有影响人体健康的成分；
- 4 露骨料药剂应附有产品使用说明书，注明药剂的类型、适用的露骨料深度、使用方法、储存条件、推荐用量、注意事项等内容，并与包装上的参数相同。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 装配整体式剪力墙房屋建筑的结构设计使用年限为 50 年。

5.1.2 装配整体式剪力墙结构适用的最大高度应符合表 5.1.2 的要求。

表 5.1.2 装配整体式剪力墙结构适用的最大高度（m）

非抗震设计	设防烈度	
	6	7
120（100）	110（90）	100（80）

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

2.括号外的数值用于外墙为装配整体式、内墙现浇的剪力墙结构，括号内的数值用于外墙和内墙均为装配整体式的剪力墙结构；

3.当结构中仅水平构件采用叠合梁、板，而竖向构件全部为现浇时，其最大适用高度同现浇结构；

4.当剪力墙竖向钢筋连接采用钢筋浆锚搭接连接时，当采用外墙装配整体式、内墙现浇时结构最大适用高度为 80m，当内墙和外墙均为装配整体式时，结构适用的最大高度为 60m；

5.当房屋高度超过表中数值，结构设计应有可靠依据，并采取有效加强措施。

5.1.3 装配整体式剪力墙结构的高宽比不宜大于 6。

5.1.4 抗震设计的装配整体式剪力墙结构应根据设防烈度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。装配整体式剪力墙结构的抗震等级应按表 5.1.4 确定。

表 5.1.4 装配整体式剪力墙结构抗震等级

设防烈度	6		7		
高度（m）	≤60	>60	≤24	>24 且 ≤60	>60
抗震等级	四	三	四	三	二

5.1.5 抗震设计的装配整体式剪力墙结构不应采用有较多短肢剪力墙结构。

注：1.短肢剪力墙是指截面厚度不大于300mm、各肢截面高度与厚度之比大于4但不大于8的剪力墙；

2.具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构是指，在规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的30%的剪力墙结构。

5.1.6 高层建筑装配整体式剪力墙结构宜采用现浇混凝土结构地下室。

5.1.7 装配整体式剪力墙结构的底部加强区和电梯井筒宜采用现浇。

5.2 荷载、地震作用及效应组合

5.2.1 作用在装配整体式剪力墙结构上的荷载、地震作用及荷载基本组合的效应设计值、荷载和地震作用基本组合的效应设计值应按《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定确定。

5.2.2 预制构件在加工运输过程中，荷载组合应符合下列规定：

- 1 承载力(包括失稳)计算时，应采用荷载基本组合；
- 2 变形、抗裂验算时，应采用荷载标准组合。

5.2.3 预制构件在脱模、吊运、运输、安装等环节的施工验算，应将构件自重乘以脱模吸附系数或动力系数作为等效荷载标准值，并应符合下列规定：

- 1 脱模吸附系数宜取为 1.5，并可根据构件和模具表面状况按表 5.2.3 适当增减；

- 2 构件吊运、运输时，动力系数可取为 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取为

1.2。当有可靠经验时，动力系数可根据实际受力情况和安全要求适当增减。

表 5.2.3 脱模吸附系数

预制构件型式	模具表面光洁度	
	涂阻滞剂外露骨料	涂油光滑模板
带活动侧模的平板，无槽口或槽边	1.2	1.3
带活动侧模的平板，有槽口或槽边	1.3	1.4
凹槽板	1.4	1.6
雕塑面板	1.5	1.7

5.2.4 进行后浇叠合层施工阶段验算时，叠合楼盖的施工活荷载取值不宜小于 1.5 kN/m^2 。

5.3 结构计算分析

- 5.3.1 除本章规定外,装配整体式剪力墙结构的结构计算分析方法和现浇剪力墙结构相同。
- 5.3.2 当采用装配整体式叠合楼板时,结构内力与位移计算应考虑叠合板对梁刚度的增大作用,中梁可根据翼缘情况取1.3~2.0的增大系数,边梁可根据翼缘情况取1.0~1.5的增大系数。
- 5.3.3 在风荷载或多遇地震作用下,按照弹性方法计算的装配整体式剪力墙结构的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于1/1100。
- 5.3.4 结构整体计算时,叠合楼板的荷载传递方式宜与现浇板相同。

6 构件设计与构造

6.1 一般规定

6.1.1 预制构件的设计和构造措施除应考虑使用阶段外，尚应充分考虑生产、运输、施工各个阶段的不同受力工况，按《混凝土结构设计规范》GB50010、《混凝土结构施工验收规范》GB50204 的规定，进行各阶段的承载力、变形及抗裂验算。

6.1.2 应给出预制构件的吊点数量和位置。

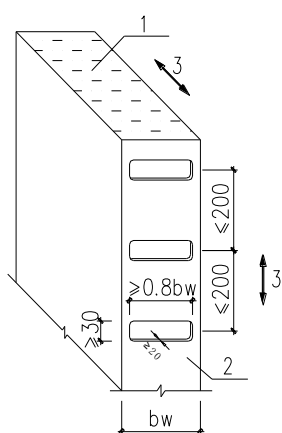
6.1.3 预制构件与现浇混凝土的结合面应满足下列规定：

- 1 预制梁、板与现浇混凝土之间的水平结合面宜做成粗糙面，凹凸不宜小于 4mm；
- 2 预制梁梁端宜做成键槽。键槽深度宜为 20mm~30mm，键槽端部斜面与侧边的倾角宜为 45°。

6.2 预制墙板设计与构造

6.2.1 预制墙板可采用一字形、L形、T形或U形，板高不宜大于1层楼层高度。开洞预制剪力墙板洞口宜居中布置，洞口一侧的墙板宽度不宜小于300mm，洞口上方连梁高度不宜小于250mm。

6.2.2 预制墙板水平结合面宜做成粗糙面，竖向结合面宜做成键槽。当设置键槽时，键槽深度不宜小于20mm，宽度不应小于30mm，间距不应大于200mm，键槽长度应大于构件截面宽度的0.8倍，键槽长度方向不应平行于主剪力方向，见图6.2.2。

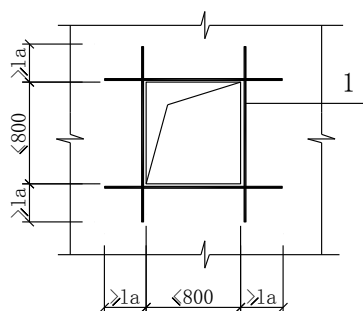


1—水平结合面；2—竖向结合面；3—主剪力方向

图 6.2.2 剪力墙结合面抗剪连接构造

6.2.3 预制墙板的连梁部位不宜开洞。当必须开洞时，洞口位置宜布置在跨中及截面高度中间三分之一范围内，洞口上、下的截面有效高度不宜小于200mm，孔洞应采取加强措施，并宜在洞口两侧适当加密连梁箍筋。

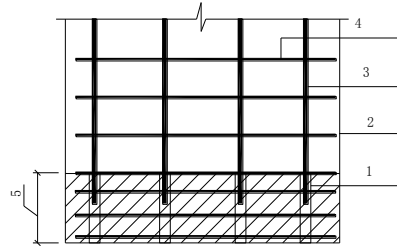
6.2.4 预制墙板开设高和宽均不大于300mm的洞口时，钢筋可绕过洞口；洞口高和宽均小于800mm时，应沿洞口周边设置补强钢筋，每边钢筋截面面积不应小于被洞口切断钢筋总面积的1/2，且每边不应少于 $2\phi 12$ ，该钢筋自孔洞边角算起伸入墙内的长度不应小于 l_a 或 l_{aE} ，见图6.2.4。



1—洞口构造钢筋，当抗震设计时 l_a 应取为 l_{aE}

图 6.2.4 墙板洞口构造配筋

6.2.5 预制墙板底部竖向钢筋连接区域，水平分布钢筋应加密，其间距不宜大于 100mm。竖向钢筋连接区域为预制墙板底面至预留灌浆套筒或约束浆锚搭接孔顶部，且不应小于 300mm。



1—套筒或搭接孔；2—预制墙板；3—竖向钢筋；4—水平钢筋；5—竖向钢筋连接区域

图 6.2.5 竖向钢筋连接区域水平钢筋加密构造

6.2.6 无边缘构件的预制墙板的端部应配置竖向钢筋，每端不宜少于 4 根直径 12mm 的钢筋或 2 根直径 16mm 的钢筋，可与墙板内的竖向分布钢筋共同用于墙板在加工、运输、安装及使用阶段的承载力计算。沿该竖向钢筋方向宜配置直径不小于 6mm、间距不大于 250mm 的箍筋或拉筋。

6.2.7 墙面埋设的连接用预埋件锚板宜凹入板面 10mm~15mm，连接件焊接后应进行清理，涂防锈漆并用砂浆抹平。

6.3 叠合梁、叠合板及预制楼梯设计与构造

6.3.1 楼盖中的梁宜采用叠合梁，叠合梁预制部分可采用矩形或 U 形截面（图 6.3.1），现浇层混凝土厚度不宜小于 120mm。当采用 U 形截面预制梁时，凹槽深度不宜小于 50mm，槽边厚度不宜小于 60mm。

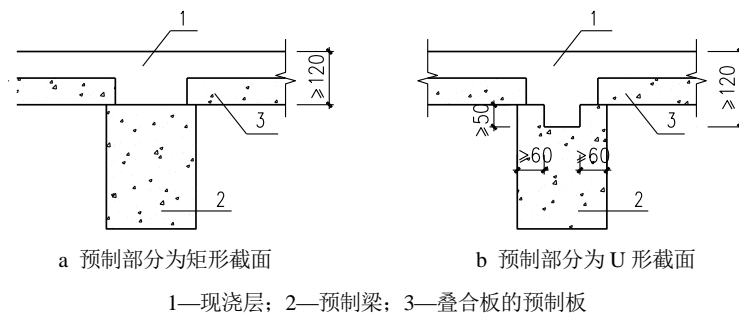


图 6.3.1 叠合梁截面

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

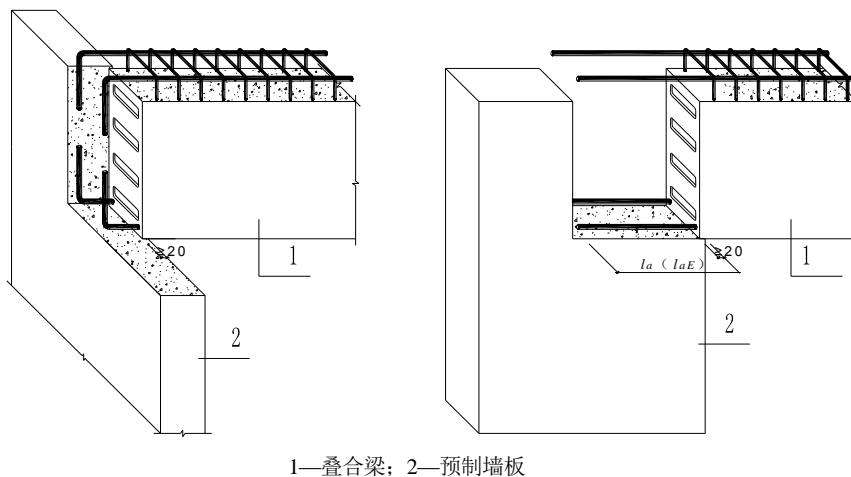


图 6.3.2 叠合梁纵筋与剪力墙连接构造

6.3.3 叠合梁端部截面应设置键槽或做成粗糙面，应满足本规程 6.1.1 的规定。叠合梁施工过程中宜设置竖向支撑，当设置支撑时，叠合梁整体计算方法与现浇梁相同。

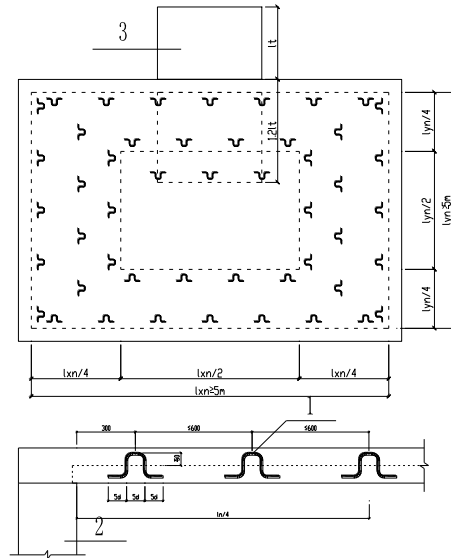
6.3.4 用于装配整体式楼盖的叠合板应符合下列规定：

- 1 叠合板的预制板厚度不宜小于 60mm，现浇层厚度不宜小于 80mm；
- 2 当叠合板的预制板搁置在梁上或剪力墙上时，搁置长度不宜小于 20mm；
- 3 当叠合板的预制板为空心板时，板端堵头宜留出不少于 50mm 的空腔，并应采用不低于 C30 的混凝土浇灌密实；
- 4 对于楼板较厚及整体性要求较高的楼盖或屋盖，宜采用空心叠合楼板；
- 5 宜在预制板内设置桁架钢筋，图示见附录 A。

6.3.5 未设置桁架钢筋的叠合板楼板，在以下两种情况下的预制与现浇结合面应设置抗剪钢筋：

1 当叠合板跨度超过 5m，周边 1/4 跨范围内应设置抗剪钢筋；

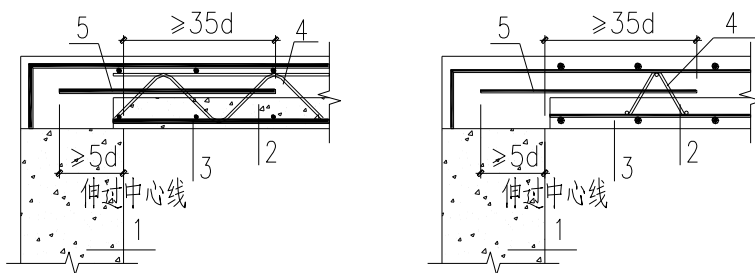
2 当相邻悬挑板的上部钢筋伸入叠合板时，钢筋锚固范围内应设置抗剪钢筋，抗剪钢筋应预埋在预制板内，其直径不应小于 6mm，中心间距不应大于 600mm，伸入现浇层不应小于 40mm。



1—抗剪钢筋；2—预制墙板；3—悬挑板

图 6.3.5 叠合板界面抗剪连接钢筋构造要求

6.3.6 对于设置桁架钢筋的叠合板，如果现浇层厚度不小于 80mm，支承端预制板内纵向受力钢筋可采用搭接方式锚入支承梁或墙的现浇层中，附加钢筋直径和间距同板底钢筋，搭接长度不小于 35d，锚固长度不应小于 5d，且应伸过支座中心线（图 6.3.6-1）。如果现浇层厚度小于 80mm，预制板板纵向受力钢筋应锚入支承梁或墙的现浇层中不应小于 5d，且应伸过支座中心线（图 6.3.6-2）。预制板的板侧钢筋锚固要求同板端。楼板现浇层内支座钢筋的锚固同现浇板。

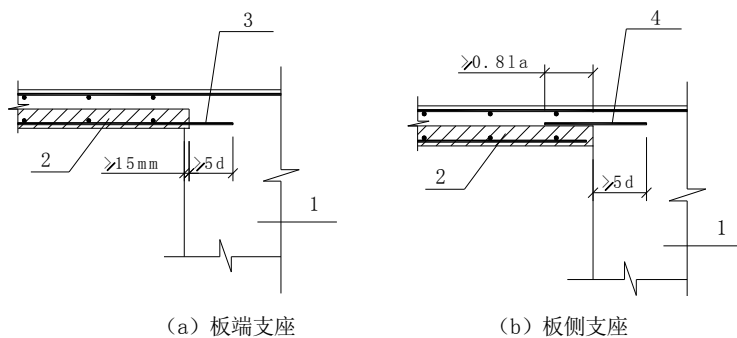


a 板端构造

b 板侧构造

1—支撑梁或墙；2—预制板；3—板底钢筋；4—桁架钢筋；5—附加钢筋

图 6.3.6-1 预制叠合板端及板侧构造（现浇层厚度不小于 80mm）



(a) 板端支座

(b) 板侧支座

1—撑梁或墙；2—预制板；3—纵向受力钢筋；4—附加钢筋

图 6.3.6-2 预制叠合板端及板侧构造（现浇层厚度小于 80mm）

6.3.7 叠合楼板的构造可采用整块预制板的叠合板或多块预制板带拼缝的叠合板。

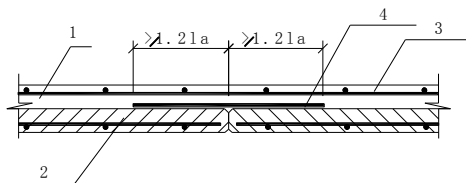
6.3.8 带拼缝的叠合板可采用分离式拼缝（图 6.3.8），且应符合以下规定：

1 在拼缝处贴预制板顶面设置垂直于板缝的拼缝钢筋，拼缝钢筋与预制板钢筋的重叠长度，板跨中部位不应小于 $1.2l_a$ ，抗震设计的楼板不应小于 $1.2l_{aE}$ ；

2 拼缝钢筋配筋率不宜小于受力钢筋的 30%，且配筋率不宜小于按照现浇层厚度计算的 0.3%；钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm；

3 可按单向叠合板进行承载力极限状态和正常使用极限状态计算；

4 当有可靠连接措施时，也可按照双向板进行计算。



1—现浇层；2—预制板；3—现浇层内钢筋；4—拼缝钢筋

图 6.3.8 叠合板分离式拼缝构造

6.3.9 叠合板的负弯矩钢筋应设置在现浇层内，应按叠合受弯构件计算其配筋。计算叠合板的配筋时，负弯矩可调幅。叠合板的构造配筋要求应与现浇板相同。

6.3.10 阳台板宜采用预制构件或叠合构件。当采用叠合构件时，悬臂构件的负弯矩钢筋应在现浇层中锚固并应置于现浇层主要受力钢筋内侧。空调板等小型悬挑构件可通过预埋件与主体结构连接。

6.3.11 预制楼梯宜配置连续的上部钢筋，配筋率不宜小于 0.15%，分布钢筋的直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 250mm。

7 连接设计与构造

7.1 一般规定

7.1.1 装配整体式剪力墙结构中预制构件的连接应受力明确、传力可靠，满足结构的承载能力、延性及耐久性要求，并具有耐火性能，满足建筑立面的美学要求。采用本规程以外的连接方式时，应通过试验验证和论证。

7.1.2 装配整体式剪力墙结构中，预制剪力墙的竖向钢筋宜采用套筒灌浆连接，也可采用约束浆锚搭接连接和间接搭接浆锚连接，水平钢筋可采用焊接连接或搭接连接，其他预制构件的钢筋可根据受力特点选用机械连接、焊接连接或搭接连接。当采用机械连接时，应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

7.1.3 预制构件受力钢筋套筒灌浆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 级接头的要求。

7.1.4 连接预制混凝土构件的现浇混凝土强度等级不应低于被连接构件的混凝土强度等级，叠合构件的现浇混凝土强度等级不应低于其预制部分混凝土的强度等级。

7.1.5 预制构件纵向受力钢筋在节点区宜直线锚固，当直线锚固长度不足时可采用弯折、锚固板等锚固措施。

7.1.6 采用预埋件连接时，应对预埋件等连接件进行承载力极限状态验算。在验算中，除考虑使用阶段的荷载外，还应考虑施工过程中的各种不利荷载的组合，并按现行相关结构设计规范进行设计。预埋件应满足《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求。

7.1.7 连接节点应采取可靠的防腐蚀措施，其耐久性应满足工程设计使用年限的要求。所有外露金属件，包括连接件和预埋件的设计均应考虑环境类别的影响，并进行防腐防锈处理。有防火要求的连接件应采取防火措施。

7.1.8 预制构件的制作精度和连接部位构造处理，应与连接方式相适应。预制构件尺寸、连接筋、预留孔洞及预埋件等位置应准确。

7.2 预制剪力墙接缝承载力验算

7.2.1 预制剪力墙接缝承载力验算应符合下列规定:

1 持久、短暂设计状况

$$\gamma_0 S_d \leq R_{jd} / \gamma_j \quad (7.2.1-1a)$$

2 地震设计状况

$$S_d \leq R_{jDE} / \gamma_{jE} \gamma_{RE} \quad (7.2.1-1b)$$

式中: γ_0 —结构重要性系数, 取 1.0;

S_d —接缝作用效应组合设计值;

R_{jd} —持久、短暂设计状况下接缝承载力设计值;

R_{jDE} —地震设计状况下接缝承载力设计值;

R_m —被连接构件的相应承载力设计值;

γ_j —接缝承载力附加分项系数, 非抗震时取为 1.2;

γ_{jE} —接缝承载力附加分项系数, 抗震等级为一、二、三级和四级分别取为 1.6、1.4、1.2;

γ_{RE} —接缝承载力抗震调整系数, 取 1.0。

7.2.2 预制剪力墙水平接缝的受压、受拉及受弯承载力, 可按《混凝土结构设计规范》GB50010 构件的相应规定计算, 其中接缝混凝土等效抗压强度, 可取实际参与工作的构件和后浇混凝土中的较低值。

7.2.3 预制剪力墙底面水平接缝的抗剪承载力设计值可按下式计算:

1 持久、短暂设计状况

$$V_{jD} = 0.45 \beta_c f_t A_c + 0.7 N + 0.7 A_s f_y \leq 0.25 f_c A_c \quad (7.2.3-1)$$

2 地震设计状况

$$V_{jDE} = 0.7 N + 0.7 A_s f_y \leq 0.25 f_c A_c \quad (7.2.3-2)$$

式中: V_{jD} —持久、短暂设计状况下接缝承载力设计值;

V_{jDE} —地震设计状况下接缝承载力设计值;

β_c —混凝土强度影响系数: 当混凝土强度等级不超过 C50 时, β_c 取 1.0; 当混凝土强度等级为 C80 时, β_c 取 0.8; 其间按线性内插法确定;

f_t —混凝土抗拉强度设计值;

A_c —剪切面面积;

N —与剪力同时存在的垂直于接缝的轴向力设计值, 当为压力时取正值, 为拉力时取负值, 且 $N \leq 0.6 f_c A_c$ 。

A_s —穿过水平缝的竖向钢筋总面积;

f_y —竖向钢筋抗拉强度设计值;

f_c —混凝土抗压强度设计值;

7.2.4 满足本规程 7.3.2~7.3.5 要求时, 可不验算预制墙板底面水平接缝的抗弯、抗压及抗拉承载力。

7.2.5 满足本规程 6.2.2 和 7.3.1 条的构造要求, 可不验算墙板竖向接缝的抗剪承载力。如需验算, 可参照 7.2.3

条的公式进行。

带格式的：边框：底端：（无框线）

7.3 叠合板、叠合梁接缝承载力验算

7.3.1 叠合面水平抗剪强度可按式(7.3.1)验算:

$$\tau_s \leq \tau_{rh} \quad (7.3.1)$$

式中: τ_s —叠合面剪应力设计值;

τ_{rh} —叠合面剪切摩擦强度设计值;

7.3.2 叠合面剪切摩擦强度设计值可按式(7.3.2)计算:

$$\tau_{rh} = 0.9\mu A_s f_y \quad \text{且} \quad \tau_{rh} \leq 0.4f_c \quad (7.3.2)$$

式中: μ —摩擦系数, 叠合面凸凹不小于 6mm 时取 1.0, 叠合面凸凹不小于 4mm 时取 0.8, 表面不处理时取 0.6;

A_s —单位面积内穿过叠合面的钢筋面积, 当钢筋与叠合面法向夹角为 θ 时, 乘 $\cos\theta$ 折减;

7.3.3 叠合面剪应力设计值可按式(7.3.3)计算:

$$\tau_s = \frac{Q_s S_y}{bI} \quad (7.3.3)$$

式中: Q_s —叠合板、叠合梁端部剪力设计值;

S_y —水平叠合面以上部分截面对截面形心的面积矩;

b, I —叠合板、叠合梁的宽度和惯性矩;

7.3.4 叠合梁竖向结合面承载力可按式(7.3.4)计算:

$$V_s \leq V_R \quad (7.3.4)$$

式中: V_s —结合面剪力设计值;

V_R —结合面抗剪承载力设计值;

7.3.5 叠合梁竖向结合面抗剪承载力设计值可按式(7.3.5)计算:

$$V_R = \max \{V_R(K) + V_R(CO), V_R(DO)\} \quad (7.3.5-1)$$

$$V_R(K) = \min \{\alpha f_c A_{K1}, 0.1 f_c A_{K2} + 0.15 f_c A_{K2}''\} \quad (7.3.5-2)$$

$$V_R(CO) = 0.1 f_c a_{ss} \quad (7.3.5-3)$$

$$V_R(DO) = 1.85 n_d A_{DO} \sqrt{f_c f_y} \quad (7.3.5-4)$$

$$a_{ss} = b(t_1 + t_2) - 2kt_1 \quad (7.3.5-5)$$

式中: $V_R(K)$ —键槽抗剪承载力设计值;

$V_R(CO)$ —现浇混凝土承载力设计值;

$V_R(DO)$ —栓钉抗剪承载力设计值, 栓钉与剪力的夹角为 90 度;

A_{K1} —剪力键凸出部的承压面积;

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

A_{K2}'' —其余各剪力键根部的剪切面积之和;

带格式的: 边框: 底端: (无框线)

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

α —剪力键验算的承压系数, 取 1.25;

n_d —销栓钢筋根数。

a_{ss} —叠合层混凝土截面面积;

b —梁宽;

t_1 —预制板厚;

t_2 —叠合板厚;

k —预制板伸入梁内的长度。

7.3.6 当叠合梁跨高比不大于 2.5, 竖向结合面抗剪承载力按照 7.3.5 公式计算不满足要求时, 可设置交叉斜筋或者交叉暗撑, 截面应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 第 11.7.10 的规定, 结合面抗剪承载力设计值可按下式计算:

$$V_R = \max \{V_R(K) + V_R(CO), V_R(DO)\} + 2f_{yd}A_{yd} \sin \theta \quad (7.3.6)$$

式中: f_{yd} —对角斜筋抗拉强度设计值;

A_{yd} —单向对角斜筋截面面积;

θ —对角斜筋与梁纵轴的夹角。

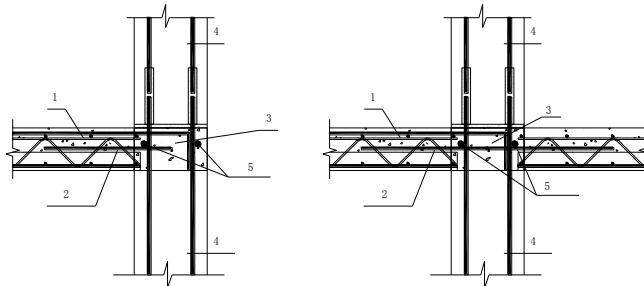
7.4 构造要求

7.4.1 楼层内相邻预制墙板之间应采用现浇钢筋混凝土拼缝连接，且应符合下列规定：

- 1 边缘构件内的配筋应符合现浇剪力墙结构的规定；主要边缘构件的竖向钢筋宜设置在现浇拼缝内，现浇拼缝的长度不宜小于300mm，现浇拼缝应配置竖向钢筋和封闭箍筋；
- 2 非边缘构件位置，相邻预制墙板之间的竖向拼缝应为现浇混凝土，现浇拼缝的宽度同墙厚，现浇拼缝的长度不宜小于300mm；现浇拼缝内应配置竖向钢筋和箍筋，竖向钢筋配筋率不宜小于墙体竖向分布钢筋配筋率，箍筋的直径不宜小于墙体水平钢筋的直径，间距不宜大于墙体水平钢筋的间距；
- 3 预制墙板的水平分布钢筋应在现浇拼缝内锚固并满足锚固长度要求，或与现浇拼缝内的箍筋焊接连接；
- 4 现浇拼缝的混凝土强度等级应不低于预制剪力墙板的混凝土强度等级。

7.4.2 上下层预制剪力墙拼缝宜设置在楼面标高处，拼缝处设置水平现浇带（图7.4.2），并符合下列规定：

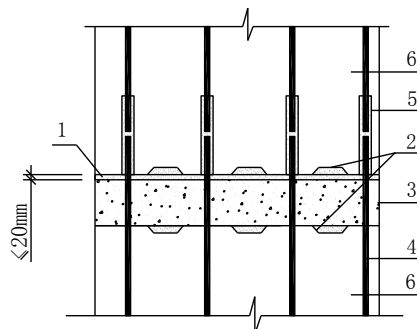
- 1 水平现浇带宽度等于剪力墙的厚度，高度不宜小于楼板厚度；水平现浇带应与现浇或者预制叠合楼盖浇筑成整体。楼板内的负弯矩钢筋在现浇带内锚固或者连续；楼板板底钢筋在现浇带内的锚固符合6.3.5和6.3.6条的规定。
- 2 如水平现浇带与下方的预制连梁构成叠合连梁，其构造要求详见7.4.11条。
- 3 水平现浇带内应配置纵向钢筋，纵向钢筋的配筋率不小于墙体水平分布筋配筋率与0.5%的较小值。



1—叠合板现浇层；2—预制板；3—水平现浇带；4—预制墙板；5—纵向钢筋

图7.4.2 预制叠合楼板与剪力墙连接

7.4.3 上层预制剪力墙与下层水平现浇带之间应采用灌浆料填实，灌浆料高度不宜小于10mm，且不宜大于20mm。



1—灌浆料；2—粗糙面或键槽；3—水平现浇带；4—竖向钢筋；5—竖向钢筋连接；6—预制墙板

图7.4.3 预制墙板与水平现浇带连接

7.4.4 上下层相邻预制剪力墙的竖向钢筋采用灌浆套筒连接时，应符合下列规定：

- 1 边缘构件区域，每根竖向钢筋应各自连接，可采用灌浆套筒连接、直接搭接连接或焊接连接；
- 2 非边缘构件区域，可另设连接钢筋，连接钢筋可为单排，间距不宜大于 400mm，受拉承载力设计值不应小于上下层被连接钢筋受拉承载力设计值较大者的 1.1 倍。另设的连接钢筋在预制墙板内的长度不应小于 l_t ；

- 3 连接钢筋自下层预制墙板向上伸出，与上层预制墙板中相应的钢筋通过灌浆套筒连接；
- 4 套筒混凝土保护层厚度不宜小于 25mm；
- 5 套筒之间的净距不应小于 25mm，且不应小于混凝土粗骨料最大粒径。

7.4.5 节点及接缝处的钢筋采用约束浆锚搭接连接时（图 7.4.5），应满足下列要求：

- 1 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为 100%时，受拉钢筋搭接长度按下列公式计算：

$$l_t = \zeta_1 \zeta_2 l_a \quad (7.1.5)$$

式中： l_t —受拉钢筋的搭接长度；

l_a —受拉钢筋的锚固长度，按《混凝土结构设计规范》GB50010 计算，抗震设计时 l_a 取 l_{aE} 。当充分利用钢筋的抗压强度时，锚固长度不应小于受拉锚固长度的 0.7 倍；

ζ_1 —受拉钢筋搭接长度修正系数；

ζ_2 —受拉钢筋搭接长度约束修正系数，取 0.9。

- 2 当受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ_1 满足 $1.0 \leq \zeta_1 \leq 1.6$ 时，约束螺旋箍筋配箍量不应小于表 7.1.5 中数值。

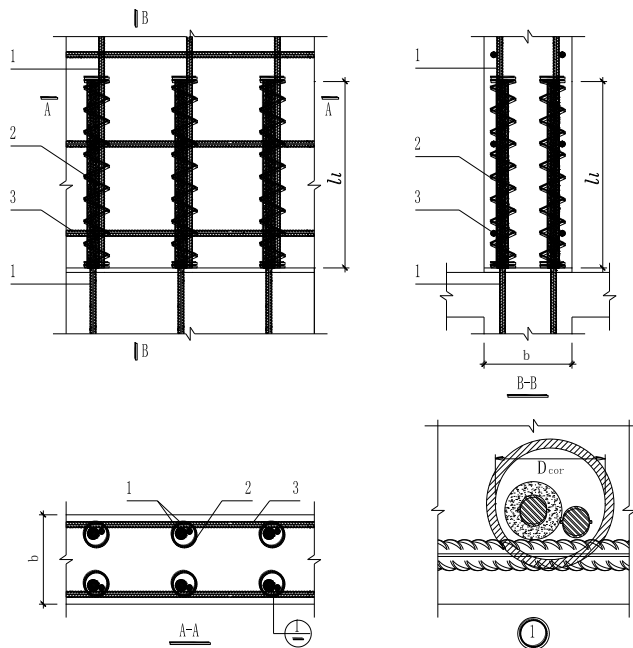
表 7.1.5 约束螺旋箍筋最小配筋表

搭接长度 修正系数 ζ	纵筋直径 (mm)								
	8	10	12	14	16	18	20	22	25
1.6	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@70$	$\Phi 4@60$	$\Phi 4@50$	$\Phi 4@40$	$\Phi 6@70$
1.4	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@70$	$\Phi 4@60$	$\Phi 4@50$	$\Phi 4@40$	$\Phi 6@70$	$\Phi 6@60$
1.2	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@70$	$\Phi 4@60$	$\Phi 4@50$	$\Phi 4@40$	$\Phi 6@60$	$\Phi 6@60$	$\Phi 6@50$
1.0	$\Phi 4@80$	$\Phi 4@70$	$\Phi 4@60$	$\Phi 4@50$	$\Phi 4@40$	$\Phi 6@60$	$\Phi 6@50$	$\Phi 6@50$	$\Phi 6@40$
螺旋箍筋 环内径 \geq (mm)	35	40	45	50	55	60	65	70	80

- 3 约束浆锚钢筋搭接连接的钢筋宜每根连接，搭接连接长度按较大直径钢筋计算，且不应小于 300mm。

4 在约束浆锚钢筋搭接连接长度范围内，螺旋箍筋直径不应小于 4mm、螺距不应大于 80mm，两端并紧不少于两圈，混凝土保护层厚度不应小于受力钢筋保护层厚度。

5 当约束搭接长度修正系数小于 1.0、直径大于 25mm 和需进行疲劳验算的纵筋连接时，应进行系统的试验研究并采取可靠的构造措施。

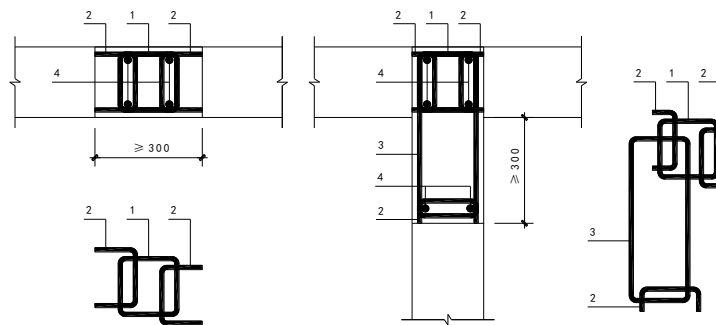


1-纵筋；2-约束螺旋箍筋；3-水平钢筋；b-截面宽度； D_{cor} —螺旋箍筋环内径

图 7.4.5 约束浆锚钢筋搭接连接

7.4.6 节点及接缝处的钢筋采用钢筋环插筋连接时（图 7.4.6），应满足下列要求：

- 1 用于连接的钢筋环直径不小于、间距不大于被连接构件钢筋的直径和间距，被连接的构件钢筋应在各自的构件中可靠锚固；
- 2 当位于剪力墙边缘构件时，钢筋环和插筋的配置应不低于按边缘构件所要求的用量及构造要求；
- 3 钢筋环、构件钢筋之间的净距应满足混凝土浇筑和振捣要求；
- 4 钢筋环插筋连接用于受拉纵筋和需进行疲劳验算的钢筋连接时，应进行系统的试验研究并采取可靠的构造措施。



1、3-钢筋环；2-构件钢筋；4-插筋

图 7.4.6 钢筋环插筋连接

7.4.7 当钢筋采用浆锚搭接连接时，应满足下列要求：

受拉钢筋搭接长度按下列公式计算：

$$l_l = \zeta l_a \quad (7.4.7)$$

式中： l_l —受拉钢筋的搭接长度；

l_a —受拉钢筋的锚固长度，当结构进行抗震设防时为 l_{aE} ，按《混凝土结构设计规范》GB50010 计算。

当充分利用钢筋的抗压强度时，锚固长度不应小于受拉锚固长度的 0.7 倍；

ζ —受拉钢筋搭接长度修正系数。

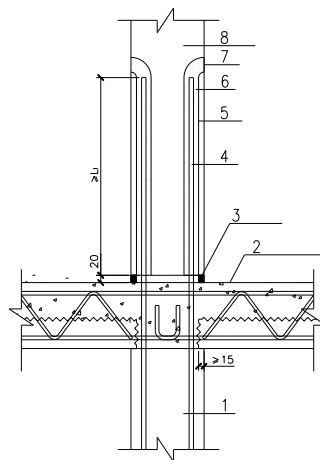
7.4.8 上下层相邻预制剪力墙的竖向钢筋采用波纹管浆锚搭接连接应符合下列规定：

- 1 波纹管直径不小于 30mm，厚度不小于 0.3mm；
- 2 波纹管混凝土保护层厚度不小于 20mm，边距不小于 30mm，间距不宜大于 200mm；
- 3 连接钢筋直径和波纹管直径的关系见表 7.4.8。

表 7.4.8 连接钢筋直径和波纹管直径的关系 (mm)

钢筋直径	8	10	12	14	16	18	20
波纹管直径	35	40	40	40	40	40	40

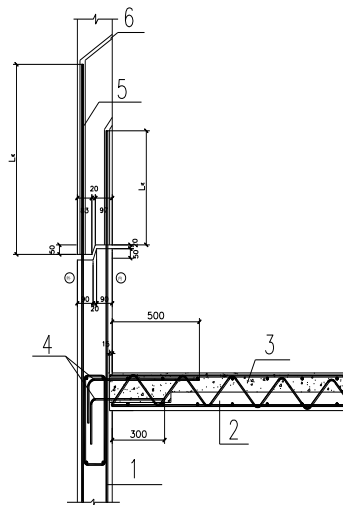
7.4.9 预制内墙板间的竖向连接可采用图 7.4.9 的典型节点构造形式，通过钢筋浆锚接头实现连接。



- 1-下层预制内墙板；2-叠合楼板；3-坐浆层；4-连接钢筋；5-金属波纹管浆锚管；6-灌浆料；7-灌浆孔；
8-上层预制内墙板

图 7.4.9 预制内墙板间的竖向连接节点构造

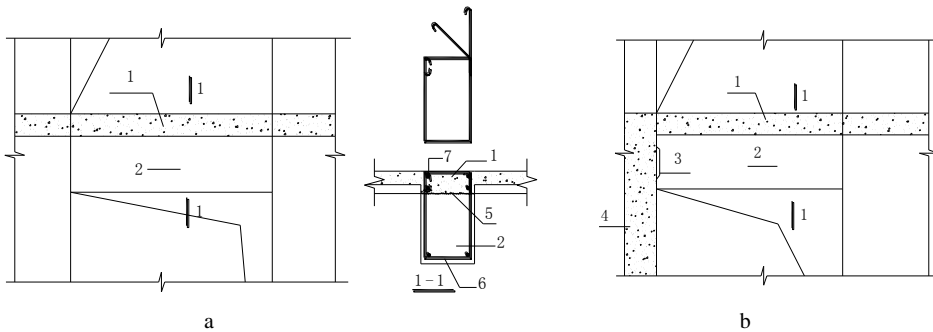
7.4.10 预制外墙板间的竖向连接可采用图 7.4.10 的典型节点构造形式，通过钢筋浆锚接头实现连接。拼缝截面采用内高外低的防雨水渗漏构造。



1-剪力墙纵筋; 2-叠合板预制部分; 3-叠合板现浇层; 4-连接钢筋; 5-金属波纹浆锚管; 6-灌浆孔

图 7.4.10 预制外墙板间竖向连接节点构造

7.4.11 预制墙板洞口上方的预制连梁应与水平现浇带形成叠合连梁。预制连梁的箍筋应伸出其上表面，水平现浇带的纵筋应穿在箍筋内（图 7.4.11a）。如预制墙板为倒 L 形，预制连梁一端宜设置现浇边缘构件，连梁纵筋应锚固在现浇边缘构件内，连梁端部应做成粗糙面或者设置键槽（图 7.4.11b）。预制连梁的预留箍筋可为开口箍。

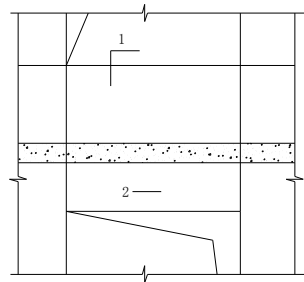


1—水平现浇带; 2—预制墙板的连梁; 3—键槽或粗糙面; 4—现浇边缘构件;

5—粗糙面; 6—箍筋; 7—纵筋

图 7.4.11 预制墙板叠合连梁构造

7.4.12 预制墙板洞口下方墙板的竖向钢筋可不与水平现浇带连接（图 7.4.12），可将洞口下方墙体与下方的叠合连梁作为两根单独的连接梁进行计算、设计。



1—窗下墙；2—叠合连梁

图 7.4.12 窗下墙与叠合连梁构造

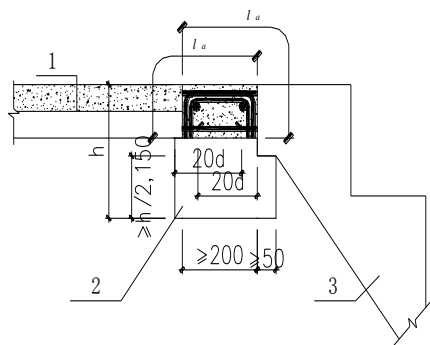
7.4.13 预制楼梯与支承构件之间的连接应符合下列规定：

1 预制混凝土楼梯应满足设计要求的支撑边界条件，并宜采用一端固定、一端滑动的连接方式，并留出转动的位移空间。

2 预制楼梯端部在支承构件上的搁置长度不宜小于 100mm，并有必要的连接措施防止位移过大时楼梯从支承构件上滑落。

3 滑动端与结构体应预留 30mm 缝隙并用柔性材料填充。

4 楼梯梁、梯梯板、平台板钢筋伸入支座长度应满足受力所需的锚固及构造要求。梯梁宜采用倒 L 形或者倒 T 形叠合梁，梯梯板和平台板现浇部分钢筋应在梯梁后浇叠合层内锚固，其中负筋锚固长度不应小于 l_a ，底筋锚固长度不应小于 $20d$ ，见图 7.4.13。



1—现浇层；2—楼梯梁（平台梁）；3—预制楼梯板

图 7.4.13 楼梯板现浇节点钢筋连接构造

附录 A 预制板桁架筋示意图

为了增加预制板的整体刚度和水平界面抗剪性能，可在预制板内设置桁架钢筋，如图 A.0.1 所示。钢筋桁架的下弦及上弦可作为楼板的下部和上部受力钢筋使用。施工阶段，验算预制板的承载力及变形时，可考虑钢筋桁架的作用，减小预制板下的临时支撑。

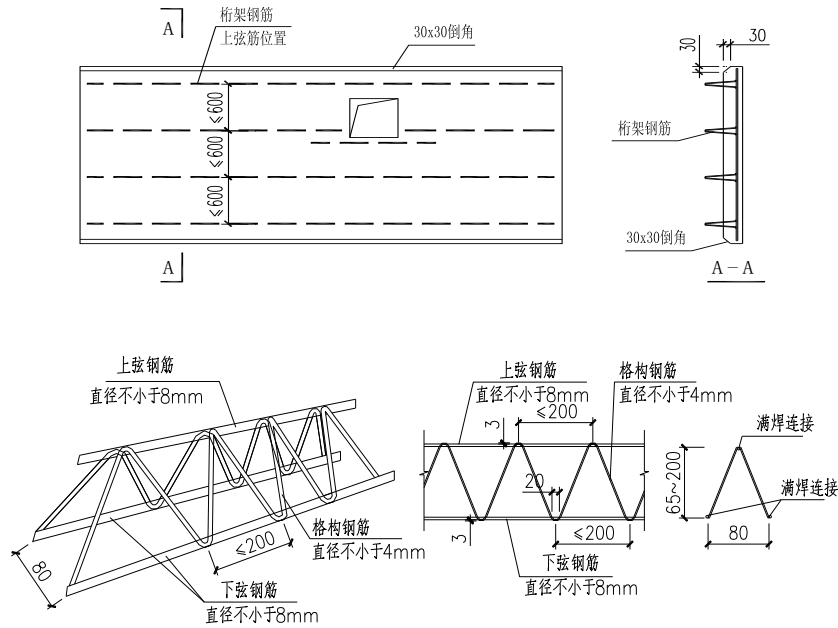


图 A.0.1 预制板设置桁架钢筋示意

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 4 《建筑设计防火规范》 GB50016
- 5 《高层民用建筑设计防火规范》 GB50045
- 6 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB50068
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204
- 8 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210
- 9 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB50411
- 10 《住宅建筑规范》 GB50368
- 11 《民用建筑设计通则》 GB50352
- 12 《民用建筑热工设计规范》 GB50176
- 13 《住宅建筑模数协调标准》 GB/T50000
- 14 《建筑门窗洞口尺寸系列》 GB/T5824
- 15 《高层混凝土结构技术规程》 JGJ3
- 16 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ26
- 17 《装配式大板居住建筑设计和施工规程》 JGJ1
- 18 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ114
- 19 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ33
- 20 《施工现场临时用电安全技术规程》 JGJ46
- 21 《建筑施工高处作业安全技术规程》 JGJ80
- 22 《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》 SJG18
- 23 《预制装配整体式房屋混凝土剪力墙结构技术规范》 DB23/T1400
- 24 《装配整体式混凝土结构技术规程(暂行)》 DB21/T1868

本规程用词用语说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

带格式的: 边框: 底端: (无框线)

辽宁省地方标准

DB21/ —2012

备案号 J —2012

装配整体式剪力墙结构设计规程(暂行)

条文说明

带格式的: 边框: 底端: (无框线)

1 总 则

1.0.2 考虑到目前装配式剪力墙结构工程实践较少, 辽宁省抗震设防烈度为 8 度的城市只有东港和普兰店, 故 8 度地区暂不列入, 到工程实践成熟时再列入。

3 基本规定

3.0.1 装配式剪力墙结构房屋建筑与全现浇剪力墙结构房屋建筑有很大的区别,在建筑方案设计阶段应充分考虑到装配式建筑的特点,更重视整体策划和各专业同步协调,充分研究标准化构配件的经济性和可建造性。

3.0.2 装配式剪力墙结构的核心是采用预制构件、现场拼装成为整体结构,因此,预制构件之间的连接是其关键技术,结构的整体性和抗地震倒塌能力主要取决于预制构件之间的连接。在地震、偶然撞击等荷载作用下,整体稳固性对装配式结构的安全至关重要。按照本规程中的规定设计的装配整体式结构,节点、拼缝等部位的连接构造措施可保证构件的连续性和结构的整体性。现浇钢筋混凝土高层建筑不应采用严重不规则的结构体系,装配式剪力墙结构的规则性要求高于现浇结构。

3.0.3 预制构件的拆分应同时满足模数协调、结构承载能力及便于构件制作、运输、安装施工的要求。主要是构件生产能力、运输吊装能力的限制,一般单个构件重量不超过 10 吨。剪力墙沿高度方向一般为一个楼层高度,可在楼层处拆分,也可在高于楼层处拆分;叠合楼板主要是受构件运输的限制,一般板宽度不宜超过 2.4m。

3.0.4 根据装配式剪力墙结构的特点,对施工图和预制构件加工详图的要求做了规定。加工详图应综合设计、加工、运输和施工安装要求等进行深化设计。

4. 材料

4.1 混凝土

4.1.2 考虑到预制构件的加工、运输、安装等环节，其混凝土强度等级不宜低于 C30。

4.2 钢材

4.2.4 应鼓励在预制混凝土构件中采用钢筋焊接网，以提高其工业化生产水平。有关要求应符合《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 中的规定。

4.3 连接材料

4.3.1 制作套筒采用的材料主要采用球墨铸铁、碳素结构钢或合金结构钢材。由于套筒灌浆连接方法要求灌浆材料有较高的抗压强度，并要求套筒有较小的横向变形能力，才能实现上述的工作机理。同时套筒内壁的凹凸构造复杂，采用机械加工工艺制作的难度很大。因此，日本、台湾主要用球墨铸铁采用铸造方法制造灌浆套筒，由于这项技术引入我国的时间还比较短，尤其是球墨铸铁的球化率要求较高，目前国内的套管采用球墨铸铁制作的尚未有应用于实际工程报道。本规程套管的材料性能参考国外相关标准，以及我国的有关产品标准《钢筋连接用灌浆套筒》送审稿制定。《钢筋连接用灌浆套筒》标准公布后，应按产品标准执行。

4.3.2 受力钢筋套筒灌浆连接和约束浆锚搭接连接的关键技术之一，是灌浆料的质量。根据国外的经验，灌浆料应具有一定的变形能力和良好的力学性能，并应具有高强、早强和无收缩等基本特性，以便使其能与套筒、被连接钢筋更好地共同工作，同时满足装配式结构快速施工的要求。这项技术引入我国的历史还比较短，我国尚无相应的产品标准，工程实践经验也较少。本规程参考国外相关标准，并由同济大学材料学院进行了大量的验证试验后，提出可以控制灌浆料质量的主要性能指标要求。目前相关产品标准正在编制中，待其出台后，应按照产品标准执行。

我国对套筒灌浆连接的研究结果表明，由于钢套筒对钢筋提供了刚性的径向约束，从而在灌浆料的耦合作用下可以产生类似焊接接头的效果；由于钢套筒的屈服强度远高于灌浆料的抗压强度，所以套筒接头中可以用高强度的灌浆料以缩短锚固长度。

约束浆锚搭接连接原理为混凝土中钢筋的非接触搭接，又在搭接区域进行了螺旋约束箍筋的加强，这种连接方法经试验验证搭接性能可靠，搭接长度在《混凝土结构设计规范》规定的基础上，可以进一步缩短。

在钢筋浆锚搭接连接中，周围混凝土和可能存在的箍筋对钢筋所能提供的径向约束远不如钢套筒高，所以灌浆料的抗压强度不需过高，但应高于预制构件的混凝土强度，且应采用较长的钢筋锚固长度，以保证力的传递。

4.3.4 粗糙面可以采用多种方式形成，主要有物理方式和化学方式，采用拉毛或者凿毛的物理方式制作粗糙面时，凹凸难以达到 4mm，一般宜采用化学方式，即采用露骨料药剂，露骨料药剂应满足本条要求。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.2 我国对装配式剪力墙结构已有一定的研究工作, 由于工程实践的数量偏少, 本规程规定的装配式剪力墙结构的最大适用高度低于现浇剪力墙结构。对于房屋高度超过表 5.1.2 规定的特殊工程, 应通过审查、论证, 必要时进行试验验证, 并采取专门的加强构造措施。本条附注第 4 款, 钢筋浆锚连接是指竖向钢筋采用金属波纹管浆锚搭接连接的装配式剪力墙结构, 江苏省地方标准《预制装配整体式剪力墙结构体系技术规程》规定, 采用波纹管浆锚搭接连接的装配式剪力墙结构不超过 18 层。根据东南大学的试验资料, 采用波纹管浆锚搭接连接的装配式剪力墙结构最大适用高度可为 80m。

5.1.3 适用的最大高宽比参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的规定, 与现浇结构相同。

5.1.4 装配整体式剪力墙结构的抗震等级参照《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定确定。为偏于安全考虑, 7 度地区剪力墙高度超过 60m, 抗震等级提高为二级, 与国家行业标准《装配整体式混凝土结构技术规程》保持一致。

5.1.5 具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构的抗震性能较差, 在装配整体式剪力墙结构中应避免采用。

5.1.6 高层建筑装配整体式剪力墙结构设置地下室的目的是提高地震作用下上部结构的抗倾覆能力。地下室采用装配整体式并无明显的成本和工期优势, 因此宜采用现浇。

5.1.7 装配整体式剪力墙结构的底部加强部位采用现浇的主要原因为: 底部加强部位一般需采用约束边缘构件, 其沿墙肢截面的长度大于上部其他部位构造边缘构件的长度, 如果约束边缘构件采用现浇, 同一平面位置底部加强部位与其他部位预制墙板的长度可能不同, 为了减少预制墙板的类型, 底部加强部位宜现浇。如果采取可靠措施, 保证了边缘构件内竖向钢筋连接质量, 预制墙板之间设置一定宽度现浇带, 保证新老混凝土结合面等同现浇, 约束边缘构件部位也可以采用装配整体式。

电梯井筒由于有轨道预埋件, 现浇容易定位, 但也可以采用装配整体式。

5.2 荷载、地震作用及基本组合

5.2.1 对装配式结构进行承载力极限状态和正常使用极限状态验算时, 荷载和地震作用的取值及其组合均按现行相关规范执行。

5.2.3~5.2.4 此规定按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定采用。

5.3 结构计算分析

5.3.1 装配整体式剪力墙结构的结构计算分析方法和现浇剪力墙结构相同。在计算分析软件中, 墙可采用专用的墙元或者壳元模拟。预制墙板之间如果为整体式拼缝(拼缝后浇混凝土, 拼缝两侧钢筋直接连接或者锚固在拼缝混凝土中), 可将拼缝两侧预制墙板和拼缝作为同一墙肢建模计算; 预制墙板之间如果没有现浇拼缝, 则应作为两个独立的墙肢建模计算。

带格式的：边框:底端: (无框线)

5.3.2 装配整体式楼板作为梁的有效翼缘，与梁一起形成 T 形截面，提高了梁的刚度，可参照《混凝土结构设计规范》GB50010 第 5.2.4 条计算。也可采用梁刚度增大系数法近似考虑，一般中梁刚度增大系数可取 1.8，边梁刚度增大系数可取 1.2。

5.3.3 由于预制墙片之间的接缝对结构整体刚度刚度有一定的削弱，根据哈尔滨工业大学的整体模型试验结果，装配整体式剪力墙结构水平力作用下的位移略大于现浇结构。因此本规程对于层间位移角适当加严，弹性层间位移角限值取为 $1/1100$ ，相当于考虑了预制墙片接缝对整体刚度的影响，达到等同现浇结构的刚度。对于 7 度地区剪力墙结构，层间位移角限值取为 $1/1100$ ，一般剪力墙结构均可满足要求。

5.3.4 如果叠合楼板设计为双向板，楼板荷载按照双向传递，与现浇板相同。如果叠合楼板按照单向板进行设计，但是由于整体现浇层的存在，楼板的竖向荷载传递仍然为四边传递为主，因此楼盖结构竖向荷载传递方式按照与现浇板相同进行。

6 构件设计与构造

6.1 一般规定

6.1.1 预制构件在脱模、起吊、运输、及安装等各个环节的设计验算是不能忽视的。预制构件应考虑施工阶段的附加要求,对制作、运输、安装过程中的安全性进行分析。这主要是由于:1)此阶段的受力状态和计算模式经常与使用阶段不同;2)预制构件的混凝土强度等级在此阶段尚未达到设计强度。因此,许多预制构件的配筋,不是使用阶段的设计计算起控制作用,而经常是此阶段的设计计算起控制作用。

6.1.3 设置桁架钢筋的叠合楼板,预制板上表面可适当减小粗糙面的凹凸尺寸,但不应小于2mm。对于施工阶段设置支撑的叠合梁,预制梁梁端键槽数量和尺寸可根据截面大小和生产工艺进行确定。

6.2 预制墙板设计与构造

6.2.1 根据构件的生产、运输和安装能力,确定预制墙板的形式和尺寸。

6.2.2 预制墙板竖向结合面按照构造要求设置一定数量的键槽,是保证预制墙板连接整体性的关键。当预制墙板竖向结合面采用粗糙面做法时,宜采用露骨料化学方法成型,凹凸不宜小于4mm。

6.2.3 预制墙板连梁一般做成叠合梁,预制部分梁高较小,如果在连梁上开洞,应考虑墙板吊装等因素进行补强计算。

6.2.5 万科及清华大学的试验研究结果表明,预制剪力墙底部竖向钢筋连接区域,裂缝较多且较为集中,因此,对该区域的水平分布筋进行加强,提高墙板的抗剪能力和变形能力等抗震性能,使该区域的塑性铰可以充分发展。

6.2.6 对预制墙板边缘配筋适当加强,形成边框,保证墙板在形成整体结构之前的刚度及承载力。

6.3 叠合梁、叠合板及预制楼梯设计与构造

6.3.1 采用叠合梁时,楼板一般采用叠合板,预制板搭在梁的预制部分上,梁、板的现浇层一起浇筑。当板的总厚度不小于梁的现浇层厚度要求时,可采用矩形截面预制梁。当板的总厚度小于梁的现浇层厚度要求时,可采用U形截面预制梁。某些情况下,为施工方便,预制梁也可采用其他截面形式,如倒T形截面或者传统的花篮梁的形式。

6.3.4 叠合板的预制板最小厚度考虑了脱模、吊装、运输、施工等因素,现浇层最小厚度考虑了楼板整体性要求以及管线预埋、面筋铺设、施工误差等因素。当有采取构造措施增加其预制板刚度的情况下,如预设格构式钢筋,可以考虑适当减少预制板的厚度。当楼板跨度较小时,楼板现浇层厚度可采用60mm,对楼板内预埋管线比较集中的部位,可根据具体情况适当增加现浇层厚度。

为防止在施工时预制板坠落以及混凝土浇筑时漏浆,预制板需要有一定的支承长度。

为增加预制板的整体刚度和水平界面抗剪性能,宜在预制板内设置桁架钢筋。钢筋桁架的下弦钢筋可作为楼板的下部钢筋使用。桁架钢筋的下弦筋和上弦筋直径不小于8mm,格构筋直径不小于4mm,可采用冷加工钢筋。桁架钢筋应根据预制楼板的吊装、叠合面抗剪进行计算。桁架钢筋间距一般不小于600mm。施工

阶段，验算预制板的承载力及变形时，可考虑钢筋桁架的作用，减小预制板下的临时支撑。

6.3.5 叠合板的跨度超过 5m 或悬挑板上部钢筋伸入时，叠合板周边 1/4 跨或悬挑板上部钢筋伸入范围内，叠合面的水平剪力较大，需设置界面抗剪钢筋提高水平界面的抗剪能力。必要时可根据水平叠合面抗剪计算的结果设置抗剪钢筋，可参照《混凝土结构设计规范》GB50010 附录 H 进行计算。

6.3.6 对设置桁架钢筋的叠合板，当现浇层厚度不小于 80mm 时，预制板板底钢筋即为叠合楼板的下部纵向受力钢筋，可采用分离式搭接锚固，预制板板底钢筋伸到预制板板端，在现浇层内附加钢筋伸入支座锚固，根据日本叠合楼板的构造做法，附加钢筋搭接长度为不小于 30d，考虑到钢筋和混凝土的差异，搭接长度修改为 35d。板底钢筋采用分离式搭接锚固有利于预制板加工及施工方便。如果有可靠施工技术措施保证叠合楼板底部钢筋伸入支座，优先采用这种连接方式。

6.3.7 根据楼板板块尺寸的大小及预制板的尺寸，同一板块内，可采用整块的预制板及现浇叠合层形成的叠合板，也可采用几块预制板与现浇叠合层形成的带拼缝的叠合板。整块预制板的叠合板根据尺寸按照单向或双向叠合板设计；带拼缝的叠合板需要根据拼缝的构造确定配筋设计方法。预制板的宽度主要受控于运输条件，一般宽度不超过 2.4m，最大宽度不超过 3.0m。

6.3.8 理论分析与试验结果表明，分离式拼缝是可行的。叠合楼板的整体受力性能介于按板缝划分的单向板和整体双向板之间，与楼板的尺寸、后浇层与预制板的厚度比例、接缝钢筋数量等因素有关。开裂特征类似于单向板，承载力高于单向板，挠度小于单向板但大于双向板。板缝拼缝边界主要传递剪力，弯矩传递能力较差。在没有可靠依据时，可偏于安全，按照单向板进行设计，拼缝钢筋按构造要求确定。通常拼缝处板厚约为总板厚的一半，因此拼缝处分布钢筋配筋率的要求为现浇板分布钢筋配筋率的两倍，保证拼缝处不发生剪切破坏，且控制拼缝处裂缝的开展。

当现浇层厚度较大，且设置足够数量的拼缝钢筋，也可按双向板进行设计。此时，应计算拼缝处的弯矩设计值，按照现浇层的厚度计算拼缝处需要的钢筋数量。

当叠合板拼缝处板底钢筋有可靠连接措施，并整个板厚设置一定宽度的现浇混凝土时，也可按照双向板进行设计，拼缝处按照整个楼板厚度进行设计。

7 连接设计与构造

7.1 一般规定

7.1.1 装配式建筑的关键在于预制构件之间的连接,连接不仅应满足结构的力学性能,尚应满足建筑物理性能和立面设计的要求。

7.1.2 装配式剪力墙结构中,边缘构件宜现浇,当边缘构件采用预制墙板时,边缘构件内竖向钢筋的连接优先采用灌浆套筒连接,也可采用约束浆锚搭接连接和浆锚搭接连接。

7.1.3 受力钢筋套筒灌浆连接的技术在美国和日本已经有近四十年的应用历史,在我国台湾地区也有多年的应用历史。四十年来,上述国家和地区对钢筋套筒灌浆连接的技术进行了大量的试验研究,采用这项技术的建筑物也经历了多次地震的考验,是一项成熟的技术。目前,这项技术不但用于预制构件受力钢筋的连接,而且还用于现浇混凝土受力钢筋的连接。

钢筋套筒灌浆连接接头是一个组合体,不仅应对连接套筒、灌浆料和被连接钢筋的性能等有明确的规定,更重要的是对接头这个组合体应有具体规定。《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107—2003对钢筋机械连接的Ⅰ级接头的抗拉强度、变形性能、使用温度以及设计原则等,都有明确的规定和要求,钢筋套筒灌浆连接接头应满足该规程相应的规定。

7.1.4 连接预制构件的现浇混凝土以及叠合构件的现浇混凝土,其强度等级应采取可靠措施保证其强度等级不低于预制构件,且宜采用微膨胀混凝土。

7.2 预制剪力墙接缝承载力验算

7.2.1 装配整体式剪力墙结构中的接缝主要指预制墙板与现浇混凝土之间的结合面。其传力途径主要是:

1 预制剪力墙竖向接缝的剪力,开裂前主要靠界面粘结强度及混凝土键槽或者粗糙面的抗剪强度传递,开裂后,主要靠键槽及粗糙面抗剪、连接筋的摩擦抗剪作用传递。

2 剪力墙水平接缝,轴力和弯矩产生引起的压应力的静摩擦力,是主要的剪力传递元件;连接筋的摩擦抗剪是保证节点、接缝具有较高剩余抗剪强度和延性的关键要素。

3 接缝是影响结构受力性能的重要部位。对于装配整体式剪力墙结构中的接缝,通过附加承载力附加分项系数调整,保证接缝的承载力大于效应,保证结构的整体稳固性及抗震安全性,主要是验算墙板水平拼缝的抗剪承载力。

7.2.3 本条文参考自欧盟标准 PrEN 1992-1-1 中新旧混凝土界面抗剪承载力计算的有关规定并进行适当简化,综合考虑了钢筋和混凝土对抗剪承载力的影响,其中结合面的受剪承载力系数按照“新旧混凝土表面经粗糙化处理”的情况选取。在抗震组合下,偏安全不考虑混凝土粘结作用的抗剪承载力,与我国现行规程中高层剪力墙结构施工缝的抗剪承载力验算公式统一。计算单元的选取分以下三种情况:

- 1 不开洞或者开小洞口整体墙,作为一个计算单元;
- 2 小开口整体墙可作为一个计算单元,各墙肢联合抗剪;
- 3 开口较大的双肢及多肢墙,各墙肢作为单独的计算单元。

如果墙板水平结合面满足本规程第 6.2.2 条构造措施,当墙板处于受压状态时,对于抗震设防烈度为 6

度~7度和非抗震设防地区,水平结合面抗剪承载力一般均满足要求,可不进行抗剪验算,按照等同现浇处理;当墙板处于受拉状态时,结合面抗剪承载力应进行计算。

7.2.4 按照第 7.3.2~7.3.5 条的构造要求,水平接缝的混凝土强度等级高于墙板,配筋不少于墙板,接缝的整体性较好,且其抗弯、抗压及抗拉承载力不低于墙板,可不必进行承载力计算。

7.2.5 当预制墙板竖向结合面满足本规程第 6.2.2 和 7.3.1 条构造要求,竖向结合面凸凹度有保证,且预制墙板之间有一定范围的现浇混凝土时,可认为预制剪力墙板的竖向接缝整体性与整浇混凝土结构接近,可以按照等同现浇进行处理,不必进行截面承载力验算。如果特殊情况需要验算,可参考第 7.2.3 条按照轴力 $N=0$ 进行验算。

7.3 叠合板、叠合梁接缝承载力验算

7.3.1~7.3.5 参考日本鹿岛建设株式会社提供《构架式预制钢筋混凝土结构设计与施工技术指南》和深圳标准《预制装配整体式钢筋混凝土结构技术规范》SJG18 制定

7.3.6 参考《混凝土结构设计规范》GB50010 第 11.7.10 相关条款制定。

7.4 构造要求

7.4.1 剪力墙竖向拼缝位置确定的主要原则是便于标准化生产、吊装、运输和就位,并尽量避免拼缝对结构整体性能的影响。当主要采用一字形墙板构件时,拼缝通常位于纵横墙片交接处的边缘构件位置,边缘构件是保证剪力墙抗震性能的重要构件,宜全部或者大部分采用现浇混凝土。如果边缘构件的一部分现浇,一部分预制,则应采取可靠连接措施,保证现浇与预制部分共同组成叠合式边缘构件。

对于约束边缘构件,阴影区域宜采用现浇,则竖向钢筋可均配置在现浇拼缝内,且在现浇拼缝内配置封闭箍筋及拉筋,预制墙板中的水平分布筋在现浇拼缝内锚固。如果阴影区域部分预制,则竖向钢筋可部分均配置在现浇拼缝内,部分配置在预制段内;预制段内的水平钢筋和现浇拼缝内的水平钢筋需通过搭接、焊接等措施形成封闭的环箍,并满足国家现行相关规范的配箍率要求。

当采用L形、T形或者U形墙板时,边缘构件可全部位于预制段内,竖向受力钢筋的连接应采取可靠措施。

7.4.5-7.4.6 约束浆锚搭接连接可用于预制剪力墙受力钢筋的连接。根据哈尔滨工业大学的试验研究成果,钢筋搭接长度与螺旋箍筋配箍量有直接关系,当配箍充足时钢筋的搭接长度可大大减小,即搭接长度修正系数 ζ 可取 1.0~1.6 之间,但此时螺旋箍配箍量应按照公式进行计算配置。

哈尔滨工业大学和宇辉集团联合研发的具有自主知识产权的“约束浆锚钢筋搭接连接”(专利名称:插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接构件,专利号:ZL 2008 2 0090150.6)、“钢筋环插筋连接”(专利名称:预制混凝土构件水平连接方法,专利号:ZL 2009 1 0072554.1),符合预制混凝土的装配式施工特点,具有钢筋连接操作简单、成本低、施工质量易于保证的优势。经系统的试验研究与工程实践,这两种钢筋连接方法可用于预制混凝土结构受力纵筋和水平筋的连接,并同样适用于在现浇混凝土中的钢筋连接。

根据构造形式的不同,纵筋和水平筋的连接有多种方式。根据哈尔滨工业大学的研究结果,配置螺旋箍筋的“约束浆锚钢筋搭接连接”和“钢筋环插筋连接”性能较好,可用于预制混凝土构件受力钢筋的连接。

哈尔滨工业大学针对“约束浆锚钢筋搭接连接”和“钢筋环插筋连接”的受力性能进行了大量的试验研

究,先后共进行了200多个搭接连接性能试验、20余个钢筋环插筋连接试验、30片剪力墙和10根柱构件的抗震性能试验,以及一栋3层足尺拟静力和拟动力子结构抗震性能试验,历经多年时间充分地验证了“约束浆锚钢筋搭接连接”和“钢筋环插筋连接”方法及其预制混凝土构件和结构的可靠受力性能。在系统的试验研究和深入的理论分析基础上,给出了明确的钢筋连接设计方法和构造要求。

1. 关于约束浆锚钢筋搭接连接试验和机理研究如下:

约束浆锚钢筋搭接连接试验采用单向拉伸和双向高应力反复拉压加载制度,试件的设计采用配箍率从0开始逐渐递增、搭接长度从 $1.6l_a$ 逐渐递减至 $0.5l_a$ 的对比试验设计方法。试验证明,约束螺旋箍筋措施彻底改变了无约束搭接的劈裂破坏模式,即无论搭接长度为多少,无螺旋箍筋约束的试件都为纵筋屈服荷载水平的混凝土沿搭接方向的纵向劈裂破坏,而配置约束螺旋箍筋的试件承载力随配箍率不同可接近或达到钢筋的极限荷载。随试件加载螺旋箍筋应变变化明显,有效约束核心混凝土横向膨胀作用,螺旋箍筋约束是提高钢筋搭接连接性能的本质原因。试验验证的最小搭接长度为 $0.5l_a$,约 $15d$ 。

首先,以钢筋和混凝土粘结界面的受力分析模型,如下图1所示。外荷载 F 使钢筋与混凝土之间化学胶结力以及接触面摩擦力皆破坏,只由机械咬合力承担荷载。应力分析的状态为混凝土即将开裂的临界状态,外荷载 F 作用下,在混凝土与钢筋界面上,混凝土受到挤压力 p 以及摩擦力 μp ,将二者沿钢筋轴向以及径向的分力联立便可得到粘结应力 τ 和混凝土受到的钢筋均匀环向压力 q ,该环向压力是造成钢筋搭接连接受力时劈裂破坏的主要原因。

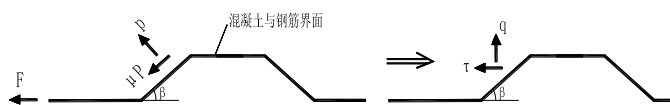


图1 钢筋和混凝土界面受力分析

其次,以两根钢筋搭接时一个螺旋箍筋间距约束的核心区域内混凝土为对象进行分析,见下图2。钢筋纵向受拉(或受压)时,由于钢筋和混凝土界面上的环向压力 q ,使得螺旋箍筋约束的核心混凝土产生拉应力,可取当混凝土拉应力达到抗拉强度 f_t 时为搭接破坏的极限状态,建立力的平衡方程,同时可考虑螺旋箍筋以外的混凝土的有利作用及混凝土开裂后但裂缝宽度没有导致搭接失效时的箍筋应力增长。

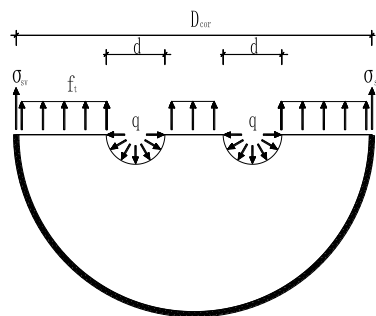


图2 约束核心区受力分析

力的平衡方程及相应条件为:

$$2\sigma_{sv}A_{sv} + (D_{cor} - 2d)f_tS_v = 2qdS_v \quad (1)$$

$$q = \tau \quad (2)$$

$$f_y A_s = \pi d l_l = \pi d \zeta l_a \quad (3)$$

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv} \pi D_{cor}}{A_{cor} S_v} = \frac{4 A_{sv}}{D_{cor} S_v} \quad (4)$$

式中：

σ_{sv} —约束螺旋箍筋应力，当混凝土开裂瞬间时可取 $\sigma_{sv}=2\alpha_E f_t + f_t / \rho_{sv}$ ；

A_{sv} —约束螺旋箍筋截面面积（ mm^2 ）；

D_{cor} —约束螺旋箍筋核心混凝土截面直径（环内径）（ mm ）；

d —搭接连接纵筋直径，取其中较大直径（ mm ）；

f_t —混凝土抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

S_v —约束螺旋加强箍筋间距（ mm ）；

ρ_v —螺旋箍筋体积配箍率；

f_y —受拉纵筋抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

A_s —受拉纵筋截面面积（ mm^2 ）；

A_{cor} —约束螺旋箍筋核心混凝土面积（ mm^2 ）；

l_a —受拉钢筋的锚固长度，按《混凝土结构设计规范》GB50010 计算，抗震设计时 l_a 取 l_{aE} ，当充分利用钢筋的抗压强度时，锚固长度不应小于受拉锚固长度的 0.7 倍；

ζ —受拉钢筋约束搭接长度修正系数；

根据相应研究成果，并考虑纵筋负载面积范围内（即 $b/2$ ， b 为截面宽度）的混凝土抗力，则由公式（1）~（4）有：

$$\rho_{sv} = \frac{4 A_{sv}}{D_{cor} S_v} = \left[\frac{f_y d^2}{\zeta l_a} - f_t \left(\frac{b}{2} - 2d \right) \right] / (\sigma_{sv} D_{cor}) \quad (5)$$

公式（5）是综合考虑了理论分析和试验结果而给出的约束浆锚钢筋搭接连接设计计算方法，同时为便于使用，特制成条文中的表格。设计时可根据不同情况可取约束搭接长度修正系数 ζ 为 1.0~1.6 之间，即约束浆锚搭接连接的搭接长度可取为 $1.0l_a \sim 1.6l_a$ ，同时螺旋箍配箍量应按照公式进行计算或按照表格最低要求取用。

2. 预制混凝土剪力墙构件抗震性能试验研究

第一批基本构件试验完成了 3 片预制混凝土剪力墙的抗弯性能试验，纵筋搭接长度取为 $l_l = l_a$ 。试验采用伪静力试验，施加低周反复水平荷载。三片剪力墙滞回曲线见图 3。

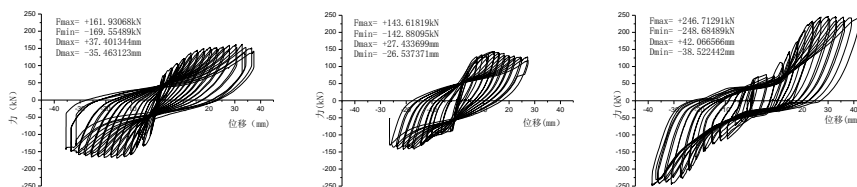


图 3 预制混凝土剪力墙抗弯滞回曲线

通过第一批 3 片约束浆锚钢筋搭接连接的预制混凝土剪力墙试验可知，在推拉往复荷载作用下，采用约束浆锚钢筋搭接连接方式的预制混凝土剪力墙的受弯破坏形态与现浇混凝土剪力墙的相同，两侧受压区混凝土被压碎，受拉区钢筋屈服，剪力墙具有良好的强度、刚度、耗能能力及延性性能，墙片在达到极限荷载以后仍能承受一定的荷载。墙片内钢筋屈服时，约束搭接范围内钢筋混凝土之间的粘结未发生破坏，也是说明采用 $1.05l_a$ 的搭接长度满足要求，且有足够的安全储备。

为了解竖向结合面工作机理及其对预制混凝土剪力墙抗震性能的影响，第二批进行了 3 片水平拼接的带竖向结合面预制混凝土剪力墙和 3 片现浇对比剪力墙低周反复荷载试验。带竖向结合面预制混凝土剪力墙是由两侧预制部分和中间后浇带水平拼接组成。在水平拼接带，结合面采用设置暗键槽方式，水平钢筋采用“钢筋环插筋连接”方式。试验采用伪静力试验，施加低周反复水平荷载。对比现浇剪力墙而言，预制混凝土剪力墙滞回曲线区域稍大些，即承载力稍低，但变形能力较大，说明带竖缝拼接的预制混凝土剪力墙耗能能力和延性更好，具有更优的抗震性能。3 片预制剪力墙分别与对比现浇剪力墙的滞回曲线见图 4。

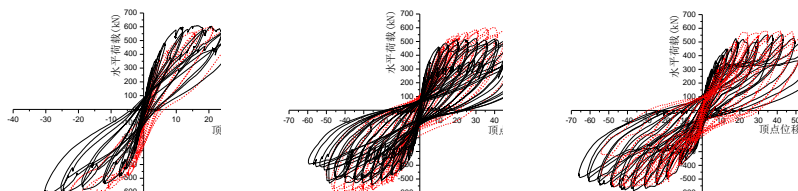


图 4 预制、现浇混凝土剪力墙滞回曲线对比

(实线预制、虚线现浇)

为研究 8 度区和高抗震等级下高层预制混凝土剪力墙结构受力性能，第三批分别进行了 3 个预制及 3 个现浇的“一字型”和“工字型”的混凝土剪力墙构件的低周反复荷载试验，纵筋采用约束浆锚搭接连接，搭接长度为 $1.0l_a$ ，水平钢筋连接采用“钢筋环插筋连接”。滞回曲线见图 5、图 6。

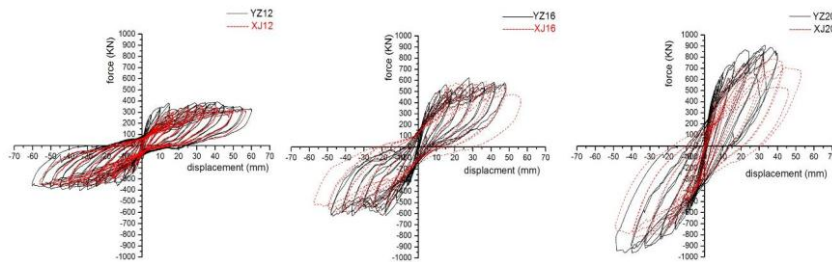


图 5 “一字型”预制、现浇混凝土剪力墙滞回曲线对比

(实线预制、虚线现浇)

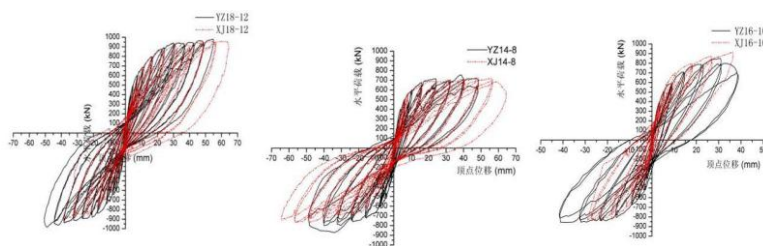


图6 “工字型”预制、现浇混凝土剪力墙滞回曲线对比
(实线预制、虚线现浇)

以上试验研究表明,采用“约束浆锚钢筋搭接连接”和“钢筋环插筋连接”的预制混凝土构件与现浇混凝土对比件的破坏状态相似、受力性能可靠。首先由于螺旋箍筋的明显约束作用,不仅使得钢筋的连接满足受力要求,而且大大改善了构件受压区混凝土的脆性破坏特征,提高了构件的整体延性;其次钢筋环插筋连接的构件具有很好的耗能能力,上述两方面的有利作用可使采用“约束浆锚钢筋搭接连接”和“钢筋环插筋连接”的预制混凝土结构具有更优的抗震性能。

7.4.7 采用浆锚搭接连接时,搭接长度修正系数 ζ 根据同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率,按照《混凝土结构设计规范》GB50010 相关要求确定。

7.4.8-7.4.10 根据中南控股集团、东南大学的试验资料和工程实践经验确定。

7.4.12 如果将预制连梁向上伸出的竖向钢筋与窗下墙内的竖向钢筋连接,施工比较复杂,而且窗下墙与下方的水平现浇带、预制连梁组合在一起形成的叠合构件受力性能没有经过试验验证,受力和变形特征不明确,配筋也不好确定。因此,窗下墙与下方的叠合连梁不连接。窗下墙可按构造配筋,不参与工作;也可按计算配筋,作为单独的连梁进行设计。