

# 团 体 标 准

T/JSCTS ×××—××××

## 装配式混凝土廊架结构技术规程

Technical Specification for Assembly Concrete  
Corridor Structure

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

江苏省综合交通运输学会 发布

# 目 次

前言 .....	1
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
2.1 引用规范 .....	2
3 术语和定义 .....	2
3.1 术语 .....	3
3.2 符号 .....	3
4 基本规定 .....	4
5 结构设计 .....	5
5.1 一般规定 .....	5
5.2 结构分析 .....	7
5.3 连接设计 .....	8
6 制造与运输 .....	14
6.1 制造 .....	14
6.2 运输 .....	14
7 施工 .....	15
7.1 施工 .....	15
8 验收 .....	15
8.1 验收 .....	16

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省综合交通运输学会提出并归口。

本文件起草单位：连云港新旭港液化烃码头有限公司、连云港港口控股集团有限公司、中交第一航务工程勘察设计院有限公司、连云港港口建筑安装工程有限公司、佩克建筑材料(中国)有限公司

本文件主要起草人：李正武、胡永涛、云成、徐云峰、范挺松、宋成成、于永水、任宏宇、廉立虎、王荣、刘月红、朱玉德、李冉、李秋洁、周伟、程达、李伟、姜魏、祁明伟、陶银、施华飞、朱斌。

# 1 范围

本规程适用于抗震设防烈度不超过 8 度的陆地及码头平台装配式混凝土廊架结构的设计、施工及验收。装配式混凝土廊架结构的设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

### 2.1 引用规范

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件

- GB 50223-2008 《建筑工程抗震设防分类标准》
- GB 50009-2012 《建筑结构荷载规范》
- GB 50010-2010（2015 年版）《混凝土结构设计规范》
- GB 50011-2010（2016 年版）《建筑抗震设计规范》
- GB 50204-2015 《混凝土结构工程施工质量验收规范》
- GB/T 50476 -2019 《混凝土结构耐久性设计标准》
- GB 50666-2011 《混凝土结构工程施工规范》
- GB/T 51231-2016 《装配式混凝土建筑技术标准》
- JGJ 1-2014 《装配式混凝土结构技术规程》
- JTS151-2011 《水运工程混凝土结构设计规范》
- GB 50191-2012 《构筑物抗震设计规范》
- SHT3055-2017 《石油化工管架设计规范》
- T/CECS 604-2019 《装配式多层混凝土结构技术规程》

## 3 术语和定义

## 3.1 术语

### 3.1.1 预制混凝土构件 precast concrete component

在工厂或现场预先制作的混凝土构件。简称预制构件。

### 3.1.2 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过各种可靠的方式进行连接形成整体的装配式混凝土结构。简称装配式结构。

### 3.1.3 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过各种可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。简称装配整体式结构。

### 3.1.4 多层装配式混凝土框架结构 multi-story precast concrete frame structure

全部或部分框架梁、柱采用预制构件构建成的多层装配式混凝土结构，简称框架结构。

### 3.1.5 干式连接节点 dry joint

预制构件之间采用螺栓、焊接、简支搁置等连接的方式。

### 3.1.6 湿式连接节点 wet joint

预制构件之间通过现场连接钢筋或预埋件，并通过后浇混凝土或灌浆形成整体的连接方式。

## 3.2 符号

### 3.2.1 材料性能

$f_y$  ——垂直穿过结合面的连接钢筋或螺栓抗拉强度设计值；

$E_c$  ——柱混凝土弹性模量；

### 3.2.2 效应

$M_{bua}$  ——截面受弯承载力设计值；

$M_{jd}$  ——节点弯矩设计值；

$M_{jR}$  ——受弯承载力设计值；

$N$  ——与剪力设计值  $V$  相应垂直于结合面的轴向力设计值；

$V$  ——相应的垂直于结合面的轴向力设计值

$E_{dN}$  ——柱轴力

$V_{\text{bua}}$  ——截面受剪承载力设计值；  
 $E_{\text{dV}}$  ——采用螺栓连接的柱脚抗剪承载力；  
 $E_{\text{dV}}^1$  ——单个螺栓抗剪承载力设计值；  
 $V_{\text{jR}}$  ——受剪承载力设计值；  
 $W_0$  ——基本风压；  
 $\Delta P$  ——水密性能设计风压力差值；  
 $\Delta p_u$  ——层间弹塑性位移；

### 3.2.3 几何参数

$A_{\text{sd}}$  ——垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积  
 $h$  ——层高  
 $H_c$  ——首层柱高，可取至节点中心线；  
 $I_b$  ——与节点相连的梁的截面抗弯惯性矩；  
 $I_c$  ——首层柱截面抗弯惯性矩；  
 $L_b$  ——与节点相连的梁的跨度；  
 $S_j$  ——节点转动刚度；  
 $S_{j,\text{ini}}$  ——节点初始转动刚度。

### 3.2.4 计算系数及其他

$n$  ——受压侧螺栓数量；  
 $\eta$  ——强节点系数；  
 $\mu$  ——柱底钢板和灌浆层之间的摩擦系数；  
 $\mu_{s1}$  ——局部风压体型系数；  
 $\mu_z$  ——风压高度变化系数。

## 4 基本规定

4.0.1 在装配式结构方案设计阶段，应加强建设、设计、制作、施工各方之间的协同，并应加强结构、设备、工艺等专业之间的配合。

4.0.2 装配式混凝土廊架结构的设计应符合下列规定：

- 1 宜采用高性能混凝土、高强钢筋；
- 2 应采取有效措施加强结构的整体性；

- 3 结构连接节点、接缝应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性、适用性和耐久性要求；
- 4 应根据连接节点、接缝的构造方式和性能，确定结构整体、局部的计算分析模型。
- 4.0.3 装配式结构应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 确定抗震设防类别。
- 4.0.4 混凝土结构应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的有关规定。海岸环境下其耐久性设计尚应符合国家现行标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476、《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151 等的有关规定。
- 4.0.5 装配式结构中，预制构件的连接部位宜设置在结构受力较小的部位，其尺寸和形状应符合下列规定：
- 1 应满足混凝土廊架标准化要求，并应进行优化设计；
  - 2 应根据预制构件的功能和安装部位、加工制作及施工精度等要求，确定合理的公差；
  - 3 应满足制作、运输、堆放、安装及质量控制要求。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 装配式混凝土廊架结构的混凝土、钢筋、连接材料、密封材料、预埋吊件等应符合国家现行标准《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》JGJ 1 的相关规定。

在国家现行标准《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》JGJ 1 中，给出了混凝土、钢筋、钢材、连接材料等其他材料的基本要求，对于装配式混凝土廊架结构也应遵守。

5.1.2 螺栓连接梁柱节点接缝的灌浆料应采用水泥基灌浆料，灌浆料的性能应满足表 5.1.2 的要求。

**表 5.1.2 螺栓接缝的灌浆料性能要求**

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
流动度 (mm)	初始值	$\geq 200$	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	30min 保留值	$\geq 150$	
竖向膨胀率 (%)	3h	$\geq 0.02$	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	24h 与 3h 的膨胀率之差	0.02~0.5	
抗压强度 (MPa)	1d	$\geq 35$	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	2d	$\geq 55$	
	3d	$\geq 80$	
氯离子含量 (%)		$\leq 0.06$	《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB/T 8077

说明：参考国外的产品标准及我国行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014；对钢筋浆锚搭接连接接头用灌浆料性能的要求，本规程提出了螺栓接缝的灌浆料性能要求。

5.1.3 受力预埋件的锚板、连接用锚栓和螺栓等，应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

5.1.4 裸露的钢部件应进行可靠的防腐处理，并应符合下列规定：

- 1 当采用耐候钢时，应符合现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的规定；
- 2 当镀锌钢件时，应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定；
- 3 当采用防腐涂层时，应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的规定。

5.1.5 外露密封材料的耐久性年限不应低于 25 年。

密封材料的耐久性是考察密封材料在使用过程中能长期保持其粘结密封性能和本体性能的指标。在使用环境中，密封材料除经受紫外线、臭氧、温度、水等因素作用外，因温度变化等原因引起的接缝移动使材料本身经常承受周期变化的应力，因而其耐久性显得尤其重要。装配式混凝土结构中，特别是采用干连接的结构，会大量采用密封材料。本规程对外露密封材料的耐久性提出了较高的要求，即其耐久性年限不应低于 25 年。

5.1.6 采用无国家现行标准的专用定型产品时，产品应有企业标准及使用说明文件，



并应通过国家有关部门的认证。

5.1.7 装配式混凝土廊架结构可采用框架结构、排架结构等形式，构件之间可采用干式连接、湿式连接连接方式。

为提高效率，简化施工，装配式混凝土结构廊架结构可采用灵活的构件连接形式和结构体系，构件之间可采用干式、湿式连接或干式和湿式混合连接方式，并采用对应的设计方法。

5.1.8 结构设计的作用及作用组合应根据具体情况确定，并应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关确定。

5.1.9 装配式结构抗震设计时，应根据建筑设防类别、抗震设防烈度、结构类型采用适宜的抗震措施，并应符合相应的计算和构造要求。

5.1.10 结构构件、节点应进行承载能力极限状态及正常使用极限状态设计，并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》GB50011 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等有关规定。

5.1.11 预制构件节点及接缝处后浇混凝土、灌浆料、坐浆料的强度等级值不应低于预制构件的设计混凝土强度等级值。

后浇混凝土主要指连接节点及接缝处的后浇混凝土；不包含叠合构件的后浇层；灌浆主要指构件之间的拼缝处灌浆；坐浆指构件底部或者构件搁置端底部的坐浆。

## 5.2 结构分析

5.2.1 进行结构在多遇地震下作用的内力和变形分析时，可假定结构与构件处于弹性状态，采用线性分析方法。

在多遇地震下，无论是等同现浇或者非等同现浇的结构，为了满足小震不坏的要求，结构构件及节点均应处于弹性状态，可采用线性假定进行建模分析方法。

5.2.2 除地震作用以外，其他作用效应分析可采用线性方法。

其他作用效应包括管道荷载、风荷载、雪荷载等直接作用和混凝土收缩徐变、温度作用等间接作用。管道荷载、风荷载、雪荷载等直接作用下，主体结构处于弹性状态，可采用线性分析方法。在温度作用等作用下，混凝土可能开裂局部进入塑性，但是一般均采用考虑裂缝和徐变对构件刚度的影响按照弹性模型进行近似分析的方法。

5.2.3 结构分析模型中，构件之间的连接节点、接缝应按照连接实际构造及受力特性

进行模拟。节点或连接的实际受力特性可通过试验或有限元分析确定。

装配式混凝土结构中，有等同现浇的湿式连接节点，也存在非等同现浇的湿式或者干式连接节点。对于湿式连接接缝构造，当已经有了充分的试验研究证明其性能能够实现等同现浇的要求时，在弹性及弹塑性分析模型可按照等同于连续现浇的混凝土结构来模拟。对于干式连接节点，一般应按照其实际受力状况按照刚接、铰接或者半刚接模拟。计算模型中包含节点，也可准确的计算出节点内力，进行节点连接件及预埋件的承载力复核。对于节点的非线性行为，应根据试验结果或者精细有限元分析结果进行总结。

5.2.4 在进行结构多遇地震作用下内力及变形分析时，装配结构的阻尼比可取不大于5%；当抗侧力构件之间采用干式连接节点或混合连接节点时，结构阻尼比可取3%~4%。

构件之间干式连接时，结构的变形往往集中在接缝和连接部位，结构阻尼比会略小于现浇混凝土结构，但由于接缝部位通常也有灌浆或座浆层，其阻尼比通常会大于钢结构，故一般可取3%~4%。

## 5.3 连接设计

5.3.1 连接节点、接缝设计应符合下列规定：

1 当采用湿式连接节点且结构整体分析按照现浇结构进行时，钢筋的连接及锚固、接缝的粗糙面及键槽、接缝的承载力要求应符合现行行业标准《装配式混凝土结构设计规程》JGJ 1 中关于装配整体式混凝土结构的有关规定。

2 当采用性能化设计方法时，应根据抗震性能目标，对连接节点、接缝的承载力和变形能力进行复核。

抗侧力体系构件之间采用湿式连接节点且实现等同现浇的性能时，按现行行业及国家标准中的相关规定进行节点设计。当采用干式连接节点或者弱连接的湿式连接节点时，对于本规程中有明确规定的节点形式，可按本规程中的规定进行设计；本规程中没有规定的新型节点形式，应用有可靠的研究成果作为依据。

5.3.2 对连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件在不同设计状况下的承载力进行验算时，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

5.3.3 螺栓连接的节点设计：螺栓连接的结构应进行小震作用下的承载力和变形验算。采用半刚性梁柱节点的框架结构，尚应进行罕遇地震下作用下的变形验算。

节点刚性和半刚性连接结构，本节中对其刚度、承载力、延性都进行了相关规定。刚性连接梁柱节点刚度延性要求都不低于现浇节点，并提出了强节点的要求，因此仅要求进行小震下的承载力和变形分析。半刚性连接梁柱节点刚度小于现浇节点，为保证安全，要求进行大震下的变形验算。

5.3.4 采用刚性梁柱节点的结构，在进行弹性及弹塑性分析时，可不考虑节点变形的影响。对于刚性节点，当节点刚度足够大时，可以忽略其变形对结构整体分析的影响。

5.3.5 采用半刚性梁柱节点的结构，在进行弹性及弹塑性分析时，应考虑节点变形的影响，并应符合下列规定：

1 弹性分析模型中，梁柱节点的转动刚度可按下列公式计算：

$$\text{当 } M_{jd} < 2/3 M_{jR} \text{ 时, } S_j = S_{j,ini} \quad (5.3.5-1)$$

$$\text{当 } M_{jd} \geq 2/3 M_{jR} \text{ 时, } S_j = S_{j,ini} / 2 \quad (5.3.5-2)$$

式中：

$M_{jd}$  —— 节点弯矩设计值；

$M_{jR}$  —— 节点受弯承载力设计值，可根据本规程规定进行计算或者根据试验确定；

$S_j$  —— 节点转动刚度；

$S_{j,ini}$  —— 节点初始转动刚度，可根据试验结果确定，取节点弯矩为受弯承载力标准值 2/3 时的节点转动割线刚度。

2 弹塑性分析模型中，梁柱节点的弯矩-转角关系可根据试验结果确定，并可简化为二折线或者三折线模型。

5.3.6 梁柱刚性节点应符合下列规定：

1 节点初始刚度应符合下式要求：

$$S_{j,ini} \geq 25 E_c I_b / L_b \quad (5.3.6-1)$$

式中：

$I_b$  —— 与节点相连的梁的截面抗弯惯性矩

$L_b$  —— 与节点相连的梁的跨度（取到节点中心线）

$E_c$  —— 梁混凝土弹性模量

$S_{j,ini}$  —— 节点初始转动刚度，可根据试验结果确定，取节点弯矩为受弯承载力标准值 2/3 时的节点转动割线刚度

2 梁端接缝承载力应符合下式要求：

$$M_{jR} \geq \eta M_{bua} \text{ 且 } V_{jR} \geq \eta V_{bua} \quad (5.3.6-2)$$

式中：

$M_{jR}$ ,  $V_{jR}$  —— 梁端接缝受弯、受剪承载力设计值；

$M_{bua}$ ,  $V_{bua}$  —— 与节点相连的梁按实配钢筋计算的截面受弯、受剪承载力设计值；

$\eta$  —— 强节点系数，抗震等级为二、三、四级时分别取 1.3, 1.2, 1.1。

对于刚性节点，当节点刚度足够大时，可以忽略其变形对结构整体分析的影响。并根据对框架结构的试算分析表明，当满足本条规定时，节点变形对整体结构的变形和内力分布影响小于 5%，可以忽略，近似按照刚性节点计算。刚性节点同时应该满足强节点的要求，即节点的承载力应大于与之相连的梁截面承载力。本条规定中的强节点系数参照《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中关于强接缝的规定。

当有试验结果表明某一类型的节点刚度与同样规格的现浇节点刚度基本一致（相差小于 5%），也可认为其满足刚性节点要求，不必按照式（5.3.6-1）复核。

5.3.7 梁柱半刚性节点应符合下列规定：

1 节点初始刚度应符合下式要求：

$$S_{j,ini} < 25E_c I_b / L_b \text{ 且 } S_{j,ini} \geq 5E_c I_b / L_b \quad (5.3.7-1)$$

2 节点承载力应符合下式要求：

$$M_{jR} \geq M_{bua} \text{ 且 } V_{jR} \geq V_{bua} \quad (5.3.7-2)$$

式中：

$M_{jR}$ ,  $V_{jR}$  —— 节点受弯、受剪承载力设计值；

$M_{bua}$ ,  $V_{bua}$  —— 与节点相连的梁按实配钢筋计算的截面受弯、受剪承载力设计值；

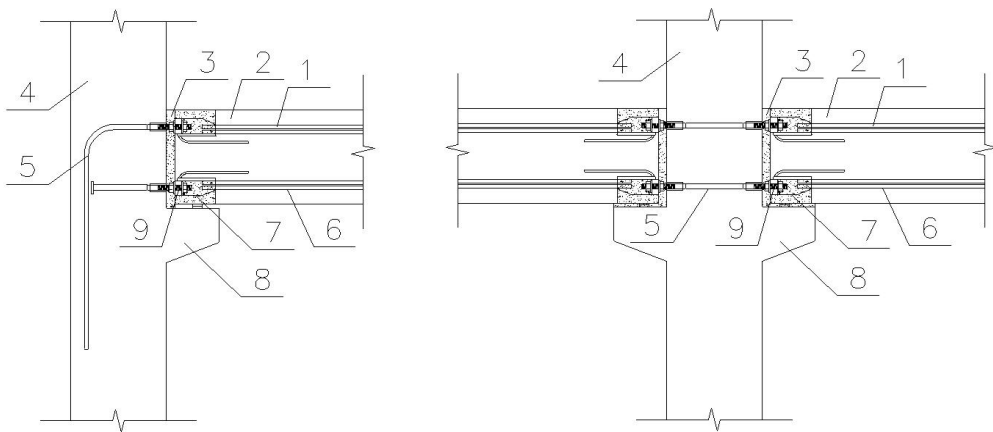
5.3.8 当梁柱节点采用螺栓连接时，框架结构宜采用多层通长预制柱，柱水平接缝宜设置在弯矩较小处，可采用套筒灌浆连接或螺栓连接的形式；当采用套筒灌浆连接时应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

预制结构柱宜采用矩形截面，各层尺寸宜保持不变，3 层以上的多层廊架结构

可采用拼接接长柱，拼接连接位置应分布在不同层。柱之间的灌浆套筒连接节点构造可参照现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中柱的水平接缝要求。

5.3.9 梁柱刚性连接节点可采用螺栓连接结合牛腿的形式，并应符合下列规定：

- 1 当采用全预制梁时（图 5.3.9a），可在梁顶和梁底设置螺栓连接器与节点内的预埋钢筋连接。
- 2 节点内的预埋钢筋应在柱内可靠锚固；边节点可在柱内弯折锚固，中间节点可贯穿柱截面。
- 3 梁端螺栓连接器与梁内的纵向受力钢筋应可靠连接。
- 4 梁端螺栓连接器及螺栓的数量应通过计算确定。
- 5 梁柱接缝宽度不宜小于 20mm 且满足施工安装的要求，并应采用灌浆料填实。
- 6 牛腿可采用预制混凝土牛腿或钢牛腿的形式，梁在牛腿上的搁置部位应设置垫块，并满足梁端转动变形的要求。



(a) 全预制混凝土梁端节点。

- 1—梁上部纵筋；2—预制梁；3—灌浆接缝；4—预制柱；5—节点内预埋钢筋；6—梁下部纵筋；  
7—螺栓连接器；8—牛腿；9—连接螺栓。

图 5.3.9a

5.3.10 梁端节点的受弯承载力计算应符合下列规定：

1 持久设计状况及地震设计状况下，可将连接螺栓作为受拉钢筋，按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算正截面受弯承载力。混凝土强度取梁、柱及接缝灌浆材料抗压强度的较小值。

2 短暂设计状况的施工验算下，当灌浆料未达到设计强度时，可根据连接螺栓

抗拉压力和轴向间距确定受弯承载力。

正常使用阶段，节点处由灌浆料承受压力，受拉螺栓提供拉力，可以按照钢筋混凝土结构计算方法计算其承载力，施工阶段，灌浆料尚未达到强度时，仅靠连接螺栓承受弯矩。

5.3.11 梁端剪力宜全部由牛腿承担并根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或《钢结构设计标准》GB 50017 计算牛腿受剪承载力。

5.3.12 柱脚应采用刚性节点，并应符合下列规定：

1 节点初始刚度应符合下式要求：

$$S_{j,ini} \geq 25E_c I_c / H_c \quad (5.3.12-1)$$

式中：

$I_c$  —— 首层柱截面抗弯惯性矩；

$H_c$  —— 首层柱高，可取至节点中心线；

$E_c$  —— 柱混凝土弹性模量；

$S_{j,ini}$  —— 节点初始转动刚度，可根据试验结果确定，取柱脚弯矩为受弯承载力标准值 2/3 时的转动割线刚度。

2 节点承载力应符合下式要求：

$$M_{jR} \geq \eta M_{bua} \quad \text{且} \quad V_{jR} \geq \eta V_{bua} \quad (5.3.12-2)$$

其中：

$M_{jR}$ ， $V_{jR}$  —— 节点受弯、受剪承载力设计值，可根据本节规定计算或者根据试验确定。

$M_{bua}$ ， $V_{bua}$  —— 首层柱按实配钢筋计算的截面受弯、受剪承载力。

$\eta$  —— 强节点系数，抗震等级为二、三、四级时分别取 1.3，1.2，1.1。

柱脚刚性节点可采用螺栓连接或者插入式杯口基础。当采用螺栓连接时，需在柱脚基础预埋锚固连接螺栓，若采用端部锚固板或大头栓钉，则需验证上部混凝土的局部抗冲切性能，必要时需增设附加钢筋。

当采用插入式杯口基础时，可参照《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定进行计算。

5.3.13 柱脚刚性节点可采用螺栓连接的形式，并应符合下列规定：

1 可在柱底侧面设置螺栓连接器与基础内伸出的预留螺栓连接，基础内的预埋螺

栓应在柱内可靠锚固；

- 2 螺栓连接器与柱内的纵向受力钢筋应可靠连接；
- 3 螺栓连接器及螺栓的数量应通过计算确定；
- 4 柱底接缝宽度不宜小于 20mm 且满足施工安装的要求，并应采用灌浆料填实。

### 5.3.13

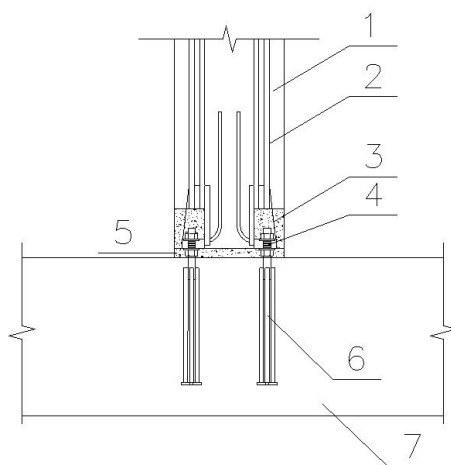


图 5.3.13 柱脚刚性螺栓连接节点示意

1-预制柱；2-柱纵筋；3-螺栓连接器；4 连接螺栓；5-接缝灌浆；6-基础内预埋螺栓；7-基础

### 5.3.14 采用螺栓连接的柱脚受弯承载力计算应符合下列规定：

1 持久设计状况及地震设计状况下，可将连接螺栓作为受拉钢筋，按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算正截面受弯承载力。混凝土强度取柱及接缝灌浆材料抗压强度的较小值。

2 短暂设计状况的施工验算下，当灌浆料未达到设计强度时，可根据连接螺栓抗拉压力和轴向间距确定正截面受弯承载力。

正常使用阶段，节点处由灌浆料承受压力，受拉螺栓提供拉力，可以按照钢筋混凝土结构计算方法计算其承载力，施工阶段，灌浆料尚未达到强度时，仅靠连接螺栓承受弯矩和柱轴力。

### 5.3.15 螺栓连接柱脚的抗剪承载力可按下式计算：

$$V_{Ed} = n V_{Ed}^1 + \mu N_{Ed} \quad (5.3.15)$$

式中：

$V_{Ed}$  ——采用螺栓连接的柱脚抗剪承载力；

$n$  ——受压侧螺栓数量；

$V_{Ed}^1$  ——单个螺栓抗剪承载力设计值；

$\mu$  ——柱底钢板和灌浆层之间的摩擦系数，一般取 0.20；

$N_{Ed}$  ——柱轴力，压力取正，拉力时取 0。

安全起见，柱脚采用螺栓连接时，不考虑受拉侧螺栓的抗剪承载力。对于动荷载和疲劳荷载情况，必须要逐一单个使用较大安全系数。如果应用条件低于环境温度 $-20^{\circ}\text{C}$ ，有必要考虑使用耐冷冲击更好的钢板。

5.3.16 施工阶段：当柱底接缝灌浆料未达到设计强度时，应对柱底连接节点进行风荷载和自重作用下的承载力验算。

在施工阶段柱可能是悬臂受力状态，风荷载作用下柱底弯矩较大。在预制柱安装后，连接处和螺栓凹槽处的灌浆要尽可能早地进行。当灌浆层的强度到达材料生产商的灌浆说明中的强度时，上部结构可开始安装。

## 6 制造与运输

### 6.1 制造

6.1.1 预制构件制作与运输应符合国家现行标准《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》JGJ 1 的相关规定。

6.1.2 预留在预制构件中的预埋件进场时应按批检验，合格后方可使用；对有承载力要求的预埋件产品应按设计或产品标准要求制作有代表性试件，并进行试验验证，使用前应检查承载力检验的合格报告。

6.1.3 构件制作过程中预埋件安装的种类和数量应符合设计要求，预埋件定位应准确，其安装允许偏差应符合国家现行标准的有关规定，并应采取可靠的临时固定措施。

### 6.2 运输

6.2.1 应制定预制构件的运输与堆放方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

6.2.2 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；



- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

#### 6.2.3 预制构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 3 构件支垫应坚实，垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致；
- 4 重叠堆放构件时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块的承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施；
- 5 堆放预应力构件时，应根据构件起拱值的大小和堆放时间采取相应措施。

## 7 施工

### 7.1 施工

7.1.1 装配式混凝土廊架结构工程的施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《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》JGJ 1 的相关规定。

7.1.2 多层装配式结构工程施工用的预制构件、连接件、配件及配套材料等均应在厂家提供的出厂合格证基础上按批进行进场检验，检验合格后方可使用。

7.1.3 钢锚环连接、钢丝绳套连接的施工应符合设计要求。当设计无要求时，应按产品标准的有关规定执行。

钢锚环连接、钢丝绳套连接的方式可以避免构件出筋，生产及安装方便，在国内属于新材料、新工艺和新技术，目前缺乏施工经验和可依据的标准，按照国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定应进行评审和施工工艺评价。

7.1.4 采用后浇混凝土或灌浆连接的装配整体式连接的接缝施工应符合《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》JGJ 1 的相关规定。

7.1.5 预制构件采用干连接构造时，构件的安装定位及接缝尺寸的偏差应满足设计要求；对需要封堵的接缝应采用设计规定的材料填充密实。

## 8 验收

## 8.1 验收

8.1.1 装配式混凝土廊架结构的施工质量验收应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《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》JGJ 1 《水运工程质量验收标准》JTS 257-2008 的相关规定。

8.1.2 采用后浇混凝土或灌浆连接的装配整体式连接的接缝施工及验收应符合《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》JGJ 1 的相关规定。

8.1.3 预制构件采用焊接或螺栓连接时，钢材的焊接或螺栓连接的施工质量应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

8.1.4 预制构件采用钢锚环连接、钢丝绳套连接时，其质量应符合设计要求或和施工质量验收文件的有关规定。

8.1.5 预制构件的接缝防水施工应按设计要求制订专项施工及验收方案，防水材料的性能及接缝防水施工质量应符合现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关要求。