

DB63

青海省地方标准

DB 63/T 1984—2021

公路预制装配式桥梁下部结构设计规范

2021 - 12 - 01 发布

2022 - 01 - 01 实施

青海省市场监督管理局

发布

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。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省交通规划设计研究院有限公司、青海省交通控股集团有限公司、青海省交通建设管理有限公司、青海交通投资有限公司、青海西互高速公路管理有限公司、招商局重庆交通科研设计有限公司、中交二公局第三工程有限公司、中交一公局第三工程有限公司、江西交通咨询监理有限公司、中南安全环境技术研究院股份有限公司、青海省交通工程技术服务中心。

本文件主要起草人：崔小强、马小军、张磊、李小斌、李少华、张海平、王欢欢、曾鹏、李国全、蔡军、殷俊明、马渊、王志华、张一鸣、王兆平、孔令坤、段金明、干求学、韩承轩、史雪琛。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路预制装配式桥梁下部结构设计规范

1 范围

本文件规定了公路预制装配式桥梁下部结构的符号和缩略语、总体要求、材料要求、结构设计、构造设计。

本文件适用于抗震烈度为Ⅶ度（地震加速度为0.1g）及以下地区公路新建和改扩建工程预制装配式桥梁下部结构的设计。

2 规范性引用文件

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。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应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 175 通用硅酸盐水泥
- GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
- JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒
- JG/T 408 钢筋连接用套筒灌浆料
- JGJ 85 预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程
- JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
- JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程
- JT/T 329 公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器
- JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JTG/T 2231-01-2020 公路桥梁抗震设计规范
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范
JTG D60 公路桥涵设计通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预制钢筋混凝土构件

在工厂或现场预先制作的钢筋混凝土成品。

3.2

装配式桥梁下部结构

通过可靠的连接构造将预制钢筋混凝土承台、桥台、墩柱以及盖梁装配而成的桥梁下部结构。

3.3

钢筋套筒灌浆连接

金属套筒中插入热轧带肋钢筋，并注入水泥基灌浆料，硬化形成整体，实现构件传力的钢筋对接连接。

3.4

灌浆金属波纹管连接

水泥基灌浆料填充钢筋与金属波纹管空隙，硬化后形成锚固的连接。

3.5

插槽式连接

将预制构件伸出的竖向受力钢筋插入构件的预留孔内，浇筑混凝土使之形成整体的连接。

3.6

承插式连接

将预制构件一端插入预留孔内，浇筑混凝土使之形成整体的连接。

3.7

后张法预应力连接

通过后张法施加预应力将构件连接成整体的连接。

3.8

钢筋连接用灌浆套筒

采用铸造工艺或机械加工工艺制作，用于钢筋套筒灌浆连接的金属套筒，简称灌浆套筒。分为全灌浆套筒和半灌浆套筒。

3.9

全灌浆套筒

两端均采用灌浆方式连接的套筒。

3.10

半灌浆套筒

一端采用灌浆方式连接，另一端采用机械方式连接的套筒。

3.11

高强无收缩水泥灌浆料

以水泥为基体、高强材料为骨料、外加剂为辅而形成的拌合物，简称水泥基灌浆料。

3.12

垫层砂浆

填充在不同类型构件拼接缝之间的水泥基砂浆过渡层。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

A类预应力混凝土构件——在作用短期效应组合下控制的正截面受拉边缘出现拉应力或出现不超过规定宽度的裂缝时，为部分预应力混凝土构件。当对构件控制界面受拉边缘的拉应力加以限制时，为A类预应力混凝土构件。

B类预应力混凝土构件——在作用短期效应组合下控制的正截面受拉边缘出现拉应力或出现不超过规定宽度的裂缝时，为部分预应力混凝土构件。当构件控制界面受拉边缘拉应力超过限值直到出现不超过限制宽度的裂缝时，为B类预应力混凝土构件。

E_1 地震作用——工程场地重现期较短的地震作用，对应于第一级设防水准。

E_2 地震作用——工程场地重现期较长的地震作用，对应于第二级设防水准。

5 总体要求

5.1 设计阶段应综合考虑预制、运输、安装等因素，形成结构合理、预制简单、运输方便和安装快捷的设计方案。

5.2 结构设计应遵循“标准化设计、工厂化预制、装配化施工”原则，满足通用性和少规格的要求。应优先考虑已有类型，结合工程实际情况确定合理的下部结构尺寸和形状，并选择适宜的连接构造和节段划分方式。

- 5.3 预制构件、拼装缝的耐久性设计应符合区域环境条件及 JTG/T 3310 规定，接缝材料应满足耐久性指标要求。
- 5.4 构件构造及连接应满足抗震设防烈度要求。

6 材料要求

6.1 混凝土

- 6.1.1 预制构件的混凝土宜采用高性能混凝土，其力学性能和耐久性应符合 JTG 3362 和 JTG/T 3650 规定，原材料性能应符合附录 A 规定。
- 6.1.2 预制承台的混凝土强度等级应不低于 C30，其他预制构件不低于 C40。
- 6.1.3 混凝土各项力学性能指标应符合 JTG 3362 规定。
- 6.1.4 预制构件混凝土应具有良好的抗冻、抗渗性能，抗冻等级应不低于 F300，抗渗等级应不低于 P6。

6.2 钢筋

- 6.2.1 普通钢筋应采用 HPB300 和 HRB400 级及以上钢筋，相应力学性能应符合 GB 1499.1 和 GB 1499.2 规定。
- 6.2.2 预制构件的吊环应采用 HPB300 钢筋制作，相应力学性能应符合 GB 1499.1 规定。

6.3 水泥基灌浆料

灌浆套筒或灌浆金属波纹管所使用的水泥基灌浆料，技术性能除应符合 JG/T 408 规定外，还应符合表 1 规定。

表1 水泥基灌浆料的性能指标

检测项目		性能指标	试验方法标准
流动度/mm	初始	≥ 300	JG/T 408
	30 min	≥ 260	GB/T 17671
抗压强度/MPa	1 d	≥ 35	GB/T 8077
	3 d	≥ 60	
	28 d	≥ 100	
竖向膨胀率/%	3 h	≥ 0.02	JG/T 408
	24 h与3 h差	0.02 ~ 0.5	
氯离子含量/%		≤ 0.03	GB/T 8077
泌水率/%		0	GB/T 50080
抗冻等级		≥ F300	GB/T 50082
抗渗等级		≥ P6	
氯离子扩散系数 D_{RCM} (28 d 龄期, $10^{-12} m^2/s$)		< 7	

6.4 垫层砂浆

- 6.4.1 不同类型构件拼接缝间的垫层砂浆，应采用高强无收缩砂浆，其技术性能除应符合 GB/T 50448 规定外，还应符合表 2 规定。
- 6.4.2 垫层砂浆宜选用级配良好的中砂，细度模数应不小于 2.6，含泥量应不高于 3%，且不含泥块。
- 6.4.3 垫层砂浆宜采用早强型，初凝时间应不低于 2 h。

表2 垫层砂浆的性能指标

检测项目		性能指标	试验方法标准
流动度/mm	初始	≥ 290	JG/T 408
	120min	≥ 260	
抗压强度/MPa	1 d	≥30	GB/T 17671
	28 d	≥ 60，且大于被连接构件强度等级10MPa	
竖向膨胀率/%	3 h	≥ 0.02	JG/T 408
	24 h与3 h差	0.02 ~ 0.5	
氯离子含量/%		≤ 0.03	GB/T 8077
泌水率/%		0	GB/T 50080
抗冻等级		≥ F300	GB/T 50082
抗渗等级		≥ P6	
氯离子扩散系数D _{RCM} （28 d 龄期，10 ⁻¹² m ² /s）		< 7	

6.5 灌浆套筒

- 6.5.1 宜采用高强球墨铸铁制作，灌浆套筒性能指标应符合 JG/T 398 规定。
- 6.5.2 灌浆套筒与套筒灌浆料组合体系性能应符合 JGJ 107 中 I 级连接接头的规定。
- 6.5.3 套筒下端应设置压浆口，上端应设置出浆口，压浆口下缘与端部净距应为 30 mm ~ 50 mm。

6.6 金属波纹管

- 6.6.1 采用圆形不锈钢波纹管，其性能指标应符合 JG/T 225 规定。
- 6.6.2 下端压浆口应连接压浆管，上端出浆口应连接出浆管或直接由端部出浆，压浆口下缘与端部净距应为 30 mm ~ 50 mm。

6.7 环氧树脂胶

- 6.7.1 构件间的环氧树脂胶初步固化时间应不低于 1 h。
- 6.7.2 环氧树脂胶应具有防老化、防碳化、防强腐蚀性的特点。
- 6.7.3 构件拼接缝采用环氧树脂胶时，其基本性能应符合表 3 规定。

表3 环氧树脂胶主要性能指标

项目性能		性能要求
物理性能	可凝胶时间/min	≥ 20
	可粘结时间/min	≥ 60，且 ≤ 240
	在结构立面上无流挂现象的最大涂胶厚度/mm	≥ 3

表 3 环氧树脂胶主要性能指标（续）

项目性能			性能要求
	压缩弹性模量/M Pa	瞬时	≥ 8000
		1h	≥ 6000
	剪切弹性模量/M Pa	瞬时	≥ 1500
		1h	≥ 1200
力学性能	固化速度 (低限温度 条件)	12h抗压强度/MPa	≥ 20
		24h抗压强度/MPa	≥ 60
		7d抗压强度/MPa	≥ 75
	7d抗剪强度（低限温度条件）/MPa		≥ 12
	钢—钢拉伸抗剪强度标准值/MPa		≥ 15
	与混凝土的拉弯粘结强度/MPa		断裂破坏发生在混凝土内部
化学性能	耐湿热老化性	50℃温度，95%相对湿度环境条件下老化90d后，常温条件下钢—钢拉伸抗剪强度降低	与同温度10min短期试验结果相比，其抗剪强度降低率应不大于10%
	耐冻融能力	在-25℃~35℃，冻融循环温度下，每次循环8h，在室温下进行钢—钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比，其抗剪强度降低率应不大于5%

6.8 预应力筋

6.8.1 预应力筋宜采用预应力钢绞线，也可采用热轧、轧后余热处理或热处理的精轧螺纹钢，其力学性能应符合 GB/T 5224、GB/T 20065 规定。

6.8.2 预应力钢绞线在预制构件安装时，应采用固定端锚具。

6.8.3 优先采用有粘结预应力筋，无粘结或有粘结预应力筋的锚固性能应符合 GB/T 14370、JGJ 85 及 JT/T 329 规定。

6.9 其他材料

6.9.1 塑料波纹管性能指标应符合 JT/T 529 规定。

6.9.2 预应力孔道压浆应采用专用灌浆材料，其流动性、和易性、泌水性和强度应符合 GB/T 50448 规定。

6.9.3 连接用钢材应符合 GB 50017 规定。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 灌浆套筒、金属波纹管、套筒灌浆料以及砂浆垫层等连接材料和构造满足本文件规定时，无接缝区段分析计算与现浇下部结构相同，按 JTG D60 和 JTG 3362 规定进行验算。

7.1.2 耐久性应根据区域特点、环境条件、施工要求及使用年限等按 JTG/T 3310 规定设计。

7.1.3 抗震分析、抗震设计和延性构造应符合 JTG/T 2231-01 规定。

7.1.4 构造设计应遵循预制及安装过程的精度控制要求和方便施工的原则。

7.2 结构计算

7.2.1 结构计算应包括持久状况下的结构承载能力极限状态计算、持久状况正常使用极限状态计算以及持久状况和短暂状况构件的应力计算三部分内容，计算过程中应计入接缝对受力性能的影响。

7.2.1.1 持久状况承载能力极限状态计算，其作用（或荷载）效应应采用基本组合，汽车荷载应计入冲击系数，计算应符合以下要求：

- a) 按 JTG 3362 规定对受弯构件接缝位置的正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力，受压构件接缝位置的正截面抗压弯承载力和抗剪弯承载力等分别进行计算；
- b) 考虑接缝对构件承载力的影响，计算时构件抗压、抗弯承载力折减系数可取 0.95。

7.2.1.2 持久状况正常使用极限状态计算，其作用（或荷载）效应应采用标准组合、准永久组合或频遇组合，并考虑准永久组合的影响，汽车荷载可不计入冲击作用，计算应满足以下要求：

- a) 弹性阶段应力计算时，应考虑预应力钢筋对截面几何特征的影响；
- b) 预应力混凝土构件应按全预应力混凝土构件或 A 类预应力混凝土构件设计。当采用节段预制拼装或其他无纵向连续普通钢筋的结构时，应按全预应力混凝土设计；
- c) 按持久状况正常使用极限状态设计时，应对接缝位置的截面进行抗裂或裂缝宽度验算，对构件进行挠度验算；计算方法应符合 JTG 3362 规定。

7.2.1.3 持久状况和短暂状况构件应力计算，其作用（或荷载）效应除有特别规定外，均采用标准值，汽车荷载应计入冲击作用，计算应满足以下要求：

- a) 持久状况设计时，混凝土构件应计算其使用阶段接缝位置的正截面压应力和斜截面主压应力、受拉区的预应力钢筋拉应力，其限值均不应大于 JTG 3362 规定；
- b) 短暂状况设计时，节段预制拼装混凝土受压构件应根据制作、运输及安装等施工阶段，计算由其自重、施工荷载等引起的在接缝位置正截面和斜截面的应力时，其限值均不应大于 JTG 3362 规定；
- c) 预制构件翻转、运输、吊运、安装等短暂状况下的施工阶段验算时，构件自重应考虑动力系数，其取值应按 JTG D60 规定。

7.2.2 沿盖梁长度方向分段预制安装的盖梁，正常使用极限状态计算时，按正截面全截面受压计算；按承载能力极限状态计算时，应计入拼装缝对盖梁承载能力的影响。

7.2.3 灌浆套筒在预制墩柱中应考虑其对墩柱刚度及相关构造的影响。

7.2.4 预制墩柱设计时，应预留上下砂浆拼接缝厚度，确定墩柱预制长度。

7.2.5 应对连接件、焊缝、螺栓等紧固件在不同设计工况下的承载力进行验算。

7.3 抗震设计

7.3.1 在进行抗震分析时， E_1 地震作用下，墩柱抗弯刚度可按全截面计算，并考虑柱身内灌浆套筒对墩柱刚度的影响； E_2 地震作用下，潜在墩柱屈服的有效截面抗弯刚度应按 JTG/T 2231-01-2020 中 6.1.9 规定计算。

7.3.2 E_1 地震作用下，混凝土墩柱在弹性范围内工作，基本无损伤，应校核其强度； E_2 地震作用下，混凝土墩柱可发生损伤，墩柱的塑性铰区域应具有足够的塑性变形能力。

7.3.3 盖梁应按能力保护原则设计，在 E_2 地震作用下基本不发生损伤。

7.3.4 E_2 地震作用下，混凝土单墩柱及混凝土双柱墩、排架墩（见图 1）沿顺桥向、横桥向墩顶的位移或墩柱潜在塑性铰区域的塑性转动能力宜按 JTG/T 2231-01-2020 中 7.4 规定验算。

7.3.5 E_2 地震作用下，采用预应力钢筋连接的装配式桥墩，以及双柱式、排架式装配式桥墩横桥向墩顶容许位移可在盖梁处施加水平力 F ，进行非线性静力分析，当墩柱的任一塑性铰达到其最大容许转角时，盖梁处的横桥向水平位移即为容许位移。

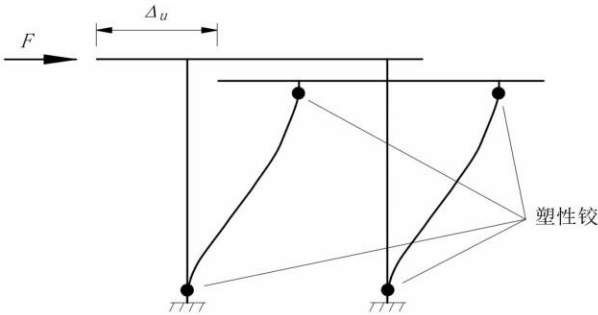


图1 框架型装配式混凝土墩柱示意图

7.3.6 理想弹塑性弯矩-曲率 ($M-\phi$) 曲线的等效屈服曲率, 可根据图 2 中两个阴影面积相等求得, 计算中应考虑最不利轴力组合。

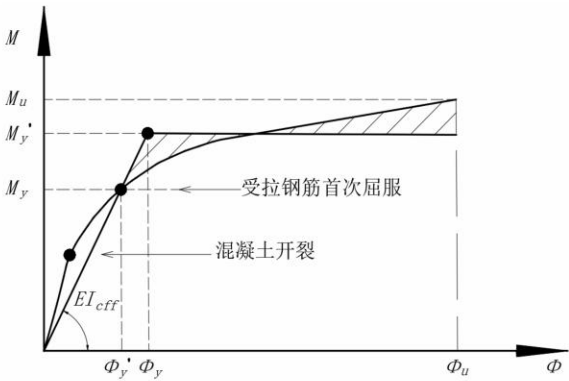


图2 等效屈服曲率

- 7.3.7 极限破坏状态的曲率能力 ϕ_u 应考虑最不利轴力组合的 $M-\phi$ 曲线确定, 为混凝土应变达到极限压应变 ϵ_{cu} , 或约束钢筋达到折减极限应变 ϵ_{Rsu} , 或纵向钢筋达到折减极限应变 ϵ_{lu} 时相应的曲率。
- 7.3.8 装配式混凝土矮墩柱高宽比小于 2.5 时, 应将其顺桥向和横桥向 E_2 地震作用效应和永久作用效应组合后, 墩柱强度按 JTG 3362 规定验算, 其中计算的弯曲强度应乘以 0.85 强度折减系数。
- 7.3.9 混凝土墩柱塑性铰区域顺桥向和横桥向的斜截面抗剪强度应按 JTG/T 2231-01-2020 中 7.3.4 规定验算。

8 构造设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 预制构件包括承台、墩柱、盖梁、桥台等。
- 8.1.2 不同预制构件间连接方式应遵循“构造简单、传力明确”原则。应综合结构形式、抗震设防烈度、施工条件、运输方式、拼装要求等因素按表 4 选用。

表4 预制构件间主要连接方式

序号	连接方式	适用范围
1	灌浆套筒连接	墩柱与盖梁、承台连接，桥台各构件竖向连接，墩柱各构件竖向连接
2	灌浆金属波纹管连接	墩柱与承台、盖梁连接
3	插槽式连接	桩基与承台、墩柱与盖梁连接
4	承插式连接	墩柱与承台连接，墩柱与盖梁连接
5	后张法预应力筋连接	墩柱与承台、盖梁连接，盖梁、墩柱节段连接
6	湿接缝连接	墩柱与承台连接，墩柱节段间，盖梁节段间
7	钢板连接	扶壁式桥台台身、肋板式桥台肋板与基础或承台连接
8	法兰连接	墩身之间，桩身之间，墩柱与承台之间连接

8.1.3 预制构件之间的连接设计包括连接接头的选用和连接节点的构造设计，应满足结构传递内力的要求，同时应便于安装。

8.1.4 应考虑预应力筋管道、钢筋、预埋吊点构造、灌浆套筒或金属波纹管间的合理布置，并在设计图中予以说明。

8.1.5 预制构件的吊点布置及吊环设计应满足吊装、运输和安装时的受力要求。

8.1.6 当受拉区主筋保护层厚度大于 50mm 时，应在所对应区域的保护层内设置直径不小于 6mm、间距不大于 100mm 的钢筋网。

8.1.7 墩柱与承台或墩柱与盖梁之间的拼装接缝砂浆厚度宜为 10mm～30mm，同类型构件之间的环氧接缝厚度宜为 1mm～3mm。

8.1.8 采用预应力钢绞线或精轧螺纹钢连接时，张拉端宜设置于墩柱顶端，锚固端宜设置于承台内，并采用预埋式带索 P 形锚具或后穿自锁式锚具进行锚固。

8.1.9 装配式桥梁下部结构位于水中时，其拼接缝位置宜避开冬季水线冰冻区域，或设置相应的隔水构造措施。

8.1.10 预制构件重量宜小于 150t，标准化尺寸高度宜不大于 3.0m、宽度宜不大于 3.5m。

8.2 连接构造

8.2.1 灌浆套筒连接构造应满足以下要求：

- 灌浆套筒连接用于墩柱与盖梁、承台的连接，桥台各构件间及墩柱各构件间的竖向连接；
- 按钢筋连接方式可分为全灌浆套筒或半灌浆套筒；
- 钢筋插入灌浆套筒长度应不小于 $10d_s$ （ d_s 为纵向钢筋直径）；
- 合理布置钢筋和灌浆套筒，灌浆套筒可布置在构件的同一断面，其材料、尺寸应符合 JG/T 398 规定；灌浆料应满足 JG/T 398 和本文件 6.3 要求；
- 预制构件中的灌浆连接套筒和主筋净保护层厚度应不小于 35mm，套筒间净距宜不低于以下 3 个中的最大值：25.4mm、骨料最大粒径的 1.33 倍、被连接纵向钢筋的直径 d_s ；
- 预制构件的竖向钢筋宜选用较大直径，钢筋中心间距宜小于 200mm，且至少每隔 1 根宜用箍筋或拉筋固定；
- 采用灌浆套筒连接的预制构件，应在其压浆口下缘处设置 1 道箍筋；
- 灌浆套筒设置在预制墩柱、且其位于潜在的塑性铰区域内时，配置的加密箍筋（见图 3）应满足以下要求：
 - 墩柱箍筋加密区长度应不小于灌浆套筒连接区域，并应向上延伸 500mm；

- 灌浆套筒上端第 1 根箍筋距离灌浆套筒顶部应不大于 50 mm；
- 灌浆套筒高度 500 mm 范围外的箍筋数量应逐渐减少；
- 墩柱箍筋加密区应延伸到盖梁和承台内，延伸长度宜不小于墩柱长边的 0.5 倍，且应不小于 500 mm；
- 灌浆套筒长度范围内墩柱箍筋混凝土的保护层厚度应不小于 20 mm。

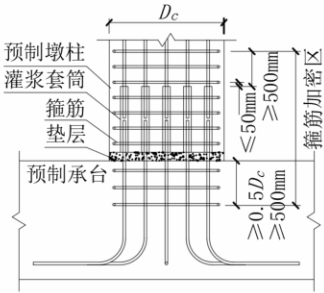


图3 灌浆套筒位于预制墩柱内的箍筋加密示意图

- e) 灌浆套筒预埋在预制承台或盖梁内时，应满足 JTG/T 2231-01 规定，配置的加密箍筋延伸到承台或盖梁的距离应不低于灌浆套筒的高度（见图 4）；

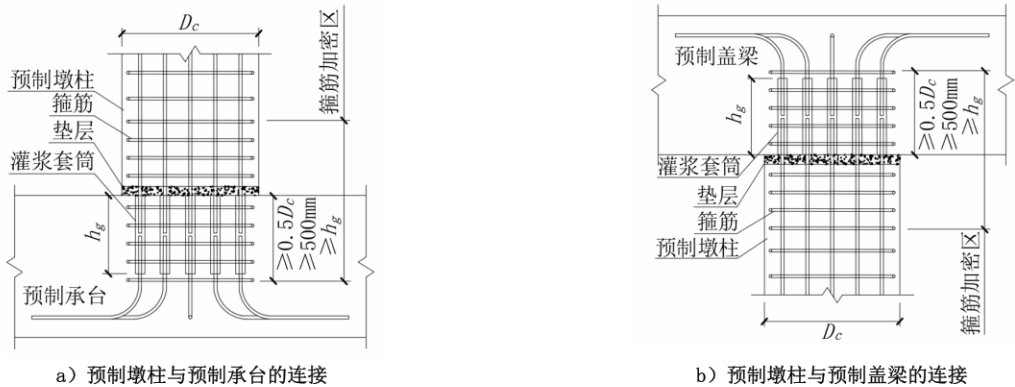


图4 灌浆套筒位于预制承台或盖梁内时箍筋加密示意图

- f) 预制墩柱、桥台的竖向钢筋应延伸至承台底面或盖梁（墩帽、台帽）顶面，竖向钢筋的锚固长度应符合 JTG 3362 规定，且长度增加 $10d_s$ ；
- g) 预制构件钢筋应预留一定的外露长度，套筒中间轴向定位点两侧应预留钢筋安装调整长度，预制端应不小于 10 mm，现场装配端应不小于 20 mm；
- h) 灌浆套筒与箍筋的连接应采用绑扎方式。
- 8.2.2 灌浆金属波纹管连接构造应满足以下要求：
- a) 灌浆金属波纹管连接用于墩柱、台身与承台及盖梁之间的竖向拼装连接，金属波纹管仅埋置于承台和盖梁、台帽中；
- b) 合理布置钢筋和灌浆套筒，灌浆金属波纹管可布置在构件的同一断面，其材料、尺寸和灌浆料应符合 JG/T 355 规定；
- c) 预制构件中的圆形金属波纹管净距应不小于 50 mm，且应不小于波纹管直径，保护层厚度应符合 JTG 3362 规定；
- d) 金属波纹管外径 d_n 应不小于 $d_s + 40$ mm。位于盖梁内时全长应不小于 $24d_s$ ，位于承台内时全长应不小于 $30d_s$ ，均不准许拼接；

- e) 灌浆金属波纹管在预制承台、盖梁或台帽内时，应符合 JTG/T 2231-01 规定，预制构件内应布置加密箍筋（见图 5），墩柱箍筋加密区延伸至预制承台、盖梁或台帽的距离应不小于墩柱长边尺寸的 1/2、500mm 及波纹管高度的最大值；

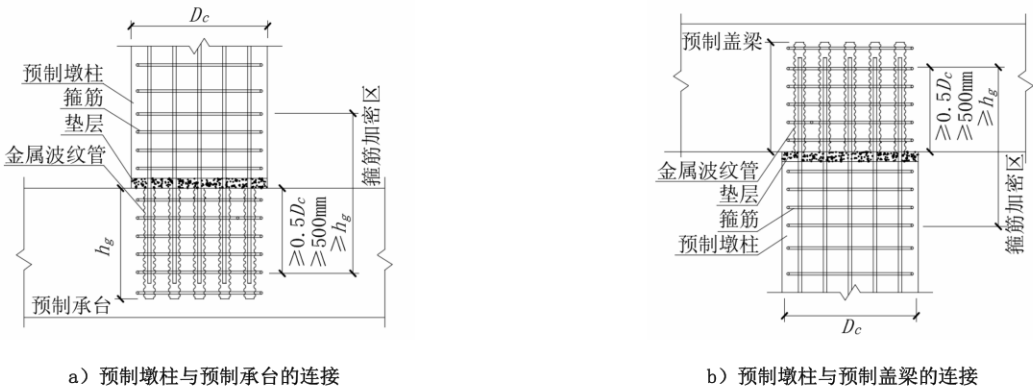


图5 金属波纹管位于预制承台或盖梁内时箍筋加密示意图

- f) 金属波纹管与箍筋的连接应采用绑扎方式。

8.2.3 插槽式连接构造应满足以下要求：

- a) 插槽式连接用于桩基与承台之间的竖向拼装连接；
- b) 预制承台受力钢筋的布置应考虑插槽钢筋与预留孔洞，不宜相互冲突；
- c) 插槽孔洞应具有足够的水平容差，且水平容差需考虑与相连接构件的联合容差。孔洞尺寸（见图 6）应满足以下要求：
 - 孔洞顺桥向、横桥向的尺寸不小于桩径 $D_c+100\text{mm}$ ；
 - 孔洞顺桥向、横桥向的尺寸容差不小于 50mm。

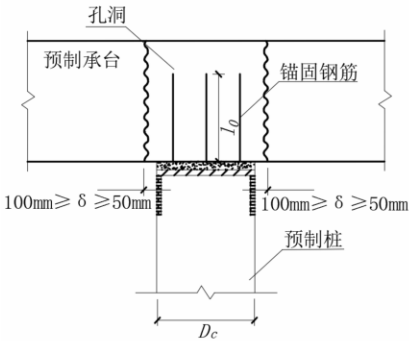


图6 桩基与承台之间插槽式连接构造插槽孔洞示意图

- d) 插槽式连接的构件孔洞可通过金属波纹管或模板设置，当采用模板设置时，宜将孔洞制作成梯形或锥形；
- e) 填充料宜选用高强无收缩混凝土，其强度等级应不低于承台混凝土强度。

8.2.4 承插式连接构造应满足以下要求：

- a) 承插式连接用于墩柱与承台、桩基与承台之间的竖向拼装连接；
- b) 承插孔周边应设置补强钢筋，并与承台钢筋连接；
- c) 承插孔宜采用金属波纹管、梯形或锥形孔；
- d) 填充料宜选用高强无收缩混凝土，其强度等级应不低于承台混凝土强度。

8.2.5 后张法预应力连接构造应满足以下要求：

- a) 后张法预应力连接用于墩柱与承台、盖梁连接，盖梁、墩柱节段间的连接；
- b) 预应力筋可采用钢绞线、精轧螺纹钢；
- c) 节段拼装盖梁、墩柱结构应按全预应力或 A 类部分预应力混凝土结构设计，施工阶段应进行预制节段存放、移运、提升、架设安装和施加预应力、体系转换等施工阶段的结构计算；
- d) 张拉端应采用低回缩锚具，宜在结构变形稳定后进行二次张拉；
- e) 预制节段后张法预应力连接应与剪力键（槽）配合环氧树脂胶使用（见图 7、图 8），环氧树脂厚度宜为 1mm～3mm，其技术要求应满足本文件 6.7 规定；

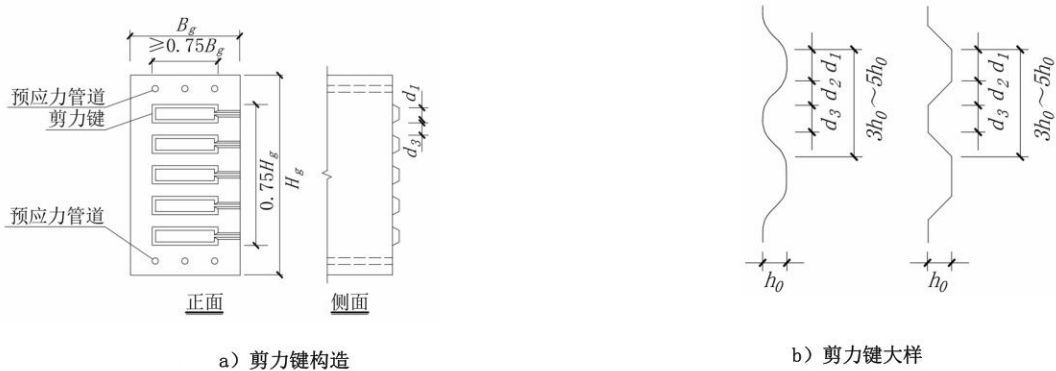


图7 盖梁剪力键构造尺寸示意图

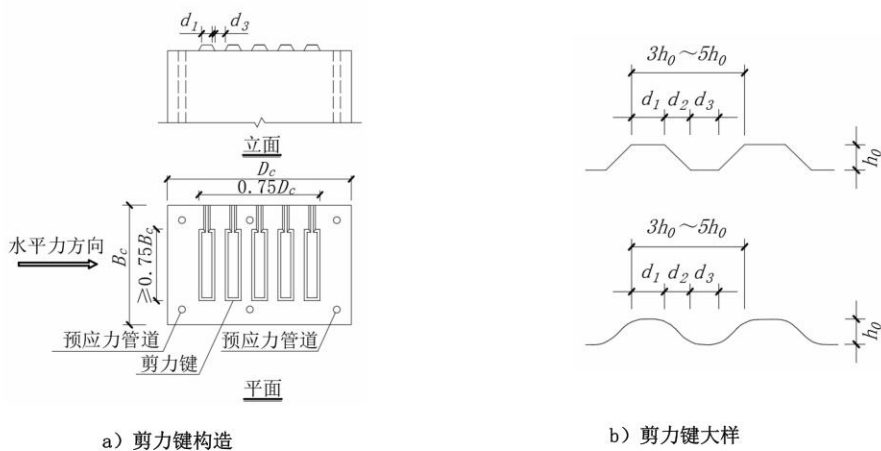


图8 墩柱剪力键构造尺寸示意图

- f) 为便于环氧树脂胶挤出，可将剪力键（槽）一侧设置成与构件表面平齐，或在剪力槽设置 1 道出胶口，并对构件匹配面施加压应力，匹配面混凝土压应力应不低于 0.3MPa，剪力槽构造见图 9；

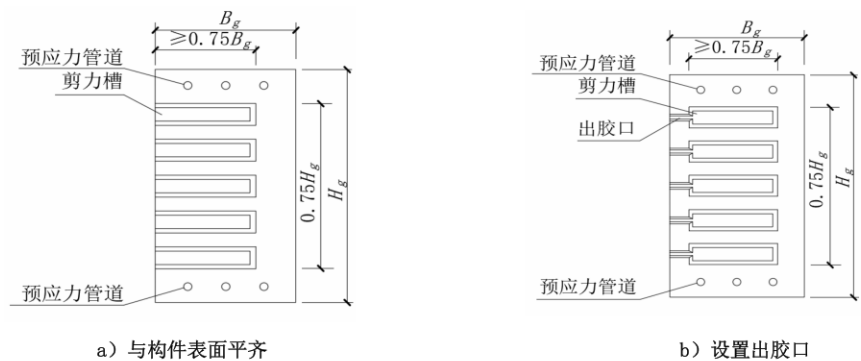


图9 剪力槽构造示意图

- g) 预应力管道构造应满足以下要求：
- 预应力管道宜采用金属波纹管、高密度聚乙烯或聚丙烯塑料波纹管和橡胶抽拔管；
 - 预应力钢筋或管道间的净距、保护层应符合 JTG 3362 规定；
 - 预应力管道的定位支承钢筋间距应不大于 500mm；
 - 曲线预应力钢筋的构件应设置防崩钢筋。

8.2.6 湿接缝连接构造应满足以下要求：

- a) 墩柱与承台、墩柱节段间、盖梁节段间的湿接缝宜采用补偿收缩混凝土，其强度应不低于预制构件混凝土强度等级。
- b) 钢筋连接可采用焊接、机械连接或搭接连接方式，除应符合本文件规定外，还应符合 JTG 3362 规定；
- c) 搭接连接方式宜采用 U 形钢筋搭接，其长度应大于 12d_s；
- d) 搭接钢筋也可采用直端、弯钩端、墩头端等，直端钢筋搭接长度应大于 20d_s（d_s为纵向主筋直径）；弯钩端、墩头端钢筋搭接长度应大于 15d_s；采用搭接连接时，混凝土湿接段的长度应大于 15d_s。

8.2.7 钢板连接构造应满足以下要求：

- a) 扶壁式桥台台身、肋板式桥台与基础或承台预埋件的钢板采用焊接连接时，应根据 GB 50017 对预埋件及焊缝的强度进行验算，相应的构造要求应按 GB 50661 规定；
- b) 受力预埋件的锚筋直径宜为 8mm~25mm；
- c) 钢板防腐处理应按 JT/T 722 规定。

8.2.8 法兰连接构造应满足以下要求：

- a) 法兰连接用于墩身之间，墩柱与承台、墩柱与桩基之间连接；
- b) 采用法兰连接的预制桩、墩，法兰盘制成后的允许偏差应符合表 5 规定；
- c) 法兰盘与钢筋或预应力筋连接时应对准位置，保证焊接质量；与预埋件焊接连接时应按 GB 50017 规定对焊缝强度进行验算。

表5 法兰盘允许偏差

单位：mm

项 目	允许偏差
法兰盘顶面任意两点高差	≤ 2.0
螺栓孔中心对法兰盘中心径向偏差	± 0.5
法兰盘相邻两孔间距偏差	± 0.5
法兰盘任意不相邻两孔间距偏差	≤ 1.0

8.3 盖梁

8.3.1 一般规定

1. 预制盖梁混凝土宜采用高性能混凝土，强度等级宜不低于 C40。
2. 节段预制拼装盖梁应按全预应力混凝土构件设计。
3. 预制装配式盖梁采用沿盖梁长度方向分段预制装配式施工时，预制构件的拼接面宜采用剪力键方式；采用上下分层施工时，下层预制构件与上层现浇之间可不使用剪力键。

8.3.2 盖梁与墩柱的连接构造

4. 预制盖梁与墩柱的连接方式（见图 10）主要有灌浆套筒（灌浆金属波纹管）连接、后张法预应力连接等。

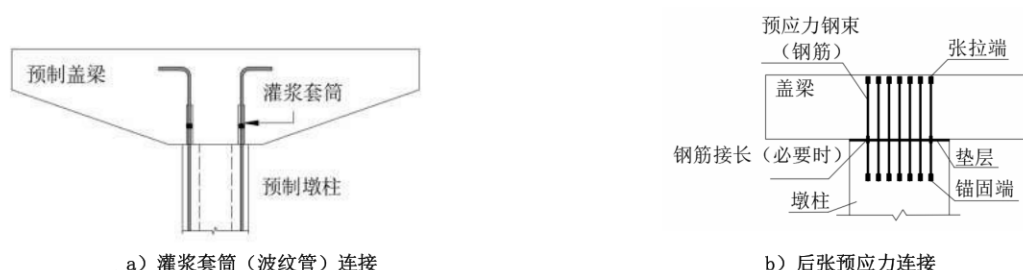


图10 盖梁与墩柱的主要连接方式示意图

5. 预制盖梁与墩柱采用后张法预应力连接，预应力固定端锚固系统宜设置在墩柱，张拉端宜设置在盖梁顶部。

8.3.3 盖梁节段间的连接构造

6. 预制盖梁节段间主要有后张法预应力连接和湿接缝连接。
7. 湿接缝宜避开构件最大受力截面，宽度宜为 800mm～1200mm。
8. 湿接缝纵向受力钢筋宜采用机械连接、焊接等方式，接头位置应错开。
9. 湿接缝构件端部应进行粗糙面处理，凹凸应不小于 6mm。
10. 湿接缝混凝土强度等级应不低于构件的设计强度，宜掺入适量微膨胀剂。

8.4 墩柱

8.4.1 一般规定

11. 预制墩柱混凝土宜采用高性能混凝土，强度等级宜不低于 C40。
12. 墩柱柱身塑性铰区域内应配置加密箍筋，布置应符合本文件 8.2.1、8.2.2 规定。

8.4.2 墩柱间的连接构造

13. 节段拼装预应力桥墩可采用有粘结预应力筋或无粘结预应力筋。
14. 预应力固定端锚固系统宜设置在承台，张拉端设置在墩顶（见图 11），波纹管连接处应密封。
15. 墩柱的纵向钢筋应延伸至盖梁顶面和承台底面附近，锚固长度应符合 JTG 3362 规定，且长度增加 $10d_s$ 。

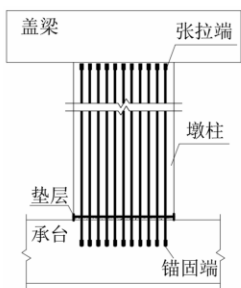


图11 墩柱的预应力连接示意图

8.5 承台

8.5.1 一般规定

- 16. 预制承台混凝土强度等级宜不低于 C30。
- 17. 预制承台与墩柱及桩基的连接方式应与墩柱及桩基的类型和预制方式相匹配。
- 18. 预制承台与预制墩柱的连接方式主要有灌浆套筒（或灌浆金属波纹管）连接、预应力连接、承插式连接。
- 19. 预制承台与桩基的连接方式主要有承插式连接、插槽式连接。

8.5.2 墩柱与承台的连接构造

- 20. 墩柱与承台采用灌浆套筒连接时，应符合本文件 8.2.1 规定。
- 21. 墩柱与承台可采用后张法预应力连接（见图 12），应符合本文件 8.2.5 规定。
- 22. 墩柱与承台拼接缝埋入承台结构内应不小于 50mm，并满足接缝位置外包承台混凝土或垫层砂浆的强度、刚度及耐久性要求。

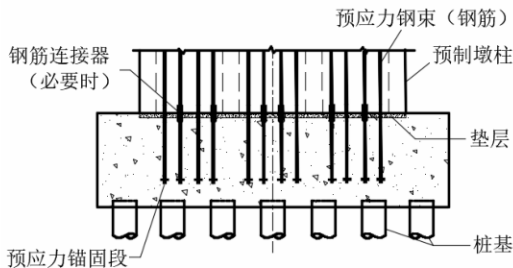


图12 预制承台与预制墩柱的后张法预应力连接示意图

- 23. 墩柱与承台采用承插式连接（见图 13）时，墩柱插入深度（ l_0 ）宜按表 6 选用，并应满足锚固长度与稳定性要求，即 $l_0 \geq 0.05$ 倍吊装时的柱长。

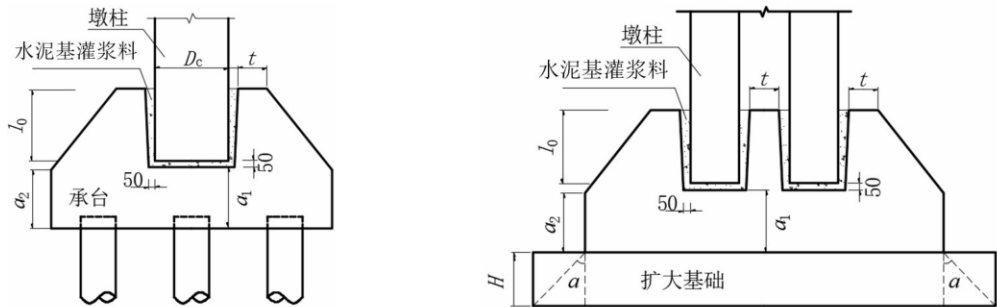


图13 预制墩柱与承台和基础的承插式连接示意图

24. 柱轴心受压或小偏心受压时， l_0 可适当减小；偏心距大于 $2D_c$ 时， l_0 应适当加大。
25. l_0 不应小于墩柱纵筋的锚固长度。

表6 墩柱的插入深度 l_0

单位：cm

矩形或工字型墩柱				单肢管柱	双肢管柱
$D_c < 50$	$50 \leq D_c < 80$	$80 \leq D_c < 100$	$D_c \geq 100$		
$(1.0 \sim 1.2) D_c$	D_c	$\max(0.9 D_c, 80)$	$\max(0.8 D_c, 100)$	$\max(1.5 D_c, 50)$	$\text{Max}\{(1/3 \sim 2/3) h_a, (1.5 \sim 1.8) h_b\}$
注： D_c 为柱截面长边尺寸或圆柱的外径； h_a 、 h_b 分别为双肢柱整个截面长边、短边尺寸。					

26. 预留孔应满足承台的受力要求；双肢柱的 a_1 值可适当加大。
27. 承插式连接预留孔的柱截面尺寸应满足设计及表 7 要求。

表7 柱截面尺寸

单位：cm

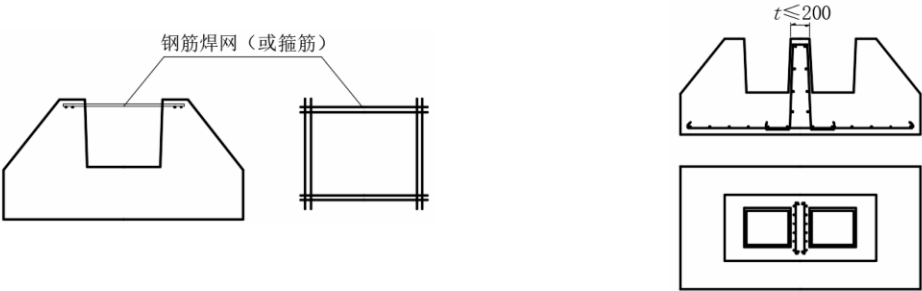
柱截面长边尺寸 D_c	a_1	t
$D_c < 50$	$a_1 \geq 15$	$15 \leq t \leq 20$
$50 \leq D_c < 80$	$a_1 \geq 20$	$t \geq 20$
$80 \leq D_c < 100$	$a_1 \geq 20$	$t \geq 30$
$100 \leq D_c < 150$	$a_1 \geq 25$	$t \geq 35$
$150 \leq D_c < 200$	$a_1 \geq 30$	$t \geq 40$

28. 承插式连接的柱为轴心（小偏心）受压且 $t/D_c \geq 0.65$ 时，或大偏心受压且 $t/D_c \geq 0.75$ 时，预留孔内可不配筋。当柱为轴心（小偏心）受压且 $0.5 \leq t/D_c < 0.65$ 时，预留孔内应配置钢筋（见图 14），预留孔内径及配置钢筋应符合表 8 规定。

表8 预留孔内径及钢筋直径

单位：mm

预留孔内径 D_c	$D_c < 1000$	$1000 < D_c < 1500$	$1500 < D_c \leq 2000$
HRB400 级钢筋直径 Φ	12	12	12 ~ 16



a) 单杯口承台

b) 双杯口承台

图14 预留孔壁内配筋示意图

29. 承插式连接孔表面应凿毛, 承台预留孔底部应铺设砂浆。浇筑混凝土强度等级应比承台混凝土强度高一级, 当达到设计强度的 70% 时, 方可进行上部施工。

8.5.3 承台与桩基的连接构造

30. 预制承台与桩基础之间可采用承插式连接或插槽式连接, 应符合本文件 8.2.3、8.2.4 规定。

31. 预制承台设计时应考虑预留孔对承台结构整体力学性能的不利影响。

32. 预制承台受力钢筋的布置应与桩基础连接构造相匹配, 且预留孔处不应切断。

8.6 桥台

8.6.1 一般规定

33. 装配式钢筋混凝土桥台适用于悬臂式、桩柱式、扶壁式、肋板式等。

34. 预制桥台台身或台帽纵向分段长度因视桥宽、桥台结构形式、施工生产和安装设备而定, 尽量减少分段数量。

35. 桥台背墙、耳墙宜与台帽整体预制。

36. 桥台纵横坡宜采用平坡。当桥面设置纵横坡时, 横坡可通过台帽、垫石和铺装层调整, 纵坡可通过桥台和墩身的高度进行调整。

37. 台身应布设泄水孔, 孔径为 80mm, 纵向间距为 2.0m, 竖向间距为 2.0m~3.0m。台背泄水孔进口处应设置碎石反滤层, 厚度宜为 30cm。

8.6.2 桥台构件间的连接构造

38. 悬臂式桥台台身或扶壁式桥台立壁的纵向连接宜采用铰缝连接, 铰缝内填充混凝土, 其构造图详见附录 B。

39. 台身与承台的连接宜采用灌浆套筒连接或钢板连接, 灌浆套筒连接时应符合本文件 8.2.1 规定, 钢板连接时应符合本文件 8.2.7 规定, 其计算方法按附录 C。

40. 灌浆套筒连接时宜在基础顶面设置浅槽, 便于灌浆和设置水泥浆垫层。

41. 扶壁式或肋板式桥台台身与基础或承台的连接可采用钢板连接, 构造见图 B.4。

42. 钢板连接的桥台基础板或承台采用二次浇筑混凝土, 混凝土强度等级应不低于基础或承台的混凝土强度等级, 厚度应不小于 300mm, 且应满足钢板连接件保护层的要求, 其表面应形成不小于 5% 的横坡。

8.6.2.1 基础板或承台二次浇筑混凝土顶面应设置钢筋网, 台前范围内的钢筋直径应不小于 12mm, 间距宜不大于 150mm; 台后范围内的钢筋直径宜不小于 16mm, 间距宜不大于 150mm; 扶壁两侧 1 倍扶壁内的横向钢筋应加密; 肋板两侧 1 倍肋板内的横向钢筋应加密。

43. 预制扶壁或肋板的底面应设置纵向连接钢筋并插入二次浇筑混凝土内, 直径宜不小于 22mm, 间距宜不大于 150mm, 锚固长度应符合 JTG 3362 规定。

44. 基础板或承台二次浇筑混凝土层间应设置插筋, 直径宜不小于 14mm, 锚入上下层混凝土的长度宜不小于 $10d_c$ (d_c 为插筋直径), 间距宜不大于 300mm。

45. 台身与台帽、背墙、耳墙之间宜采用灌浆套筒连接或湿接缝连接。

8.6.2.2 桩柱式桥台、肋板式桥台台帽的纵向连接可参考盖梁的连接方式, 悬臂式桥台台身与基础宜采用灌浆套筒连接, 应符合本文件 8.2.1 规定。

附 录 A
(规范性)
高性能混凝土原材料性能指标

A.1 水泥应选用品质稳定、标准稠度低、强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，除符合 GB 175 规定外，其技术性能还应满足以下要求：

- a) 比表面积应不大于 $350\text{ m}^2/\text{kg}$ ；
- b) $80\text{ }\mu\text{m}$ 方孔筛筛余应不大于 10%；
- c) 游离氧化钙含量应不大于 1.5%；
- d) 碱含量应不大于 0.6%；
- e) 熟料中的 C_3A 含量应不大于 8%；
- f) 氯离子含量应小于 0.03%。

A.2 粗集料宜采用质地均匀坚固、粒形良好、线膨胀系数小的洁净碎石或卵石。同时应满足以下要求：

- b) 粗集料的最大粒径应不大于 20mm，压碎值应不大于 18%，坚固性试验结果失重率对钢筋混凝土构件应小于 8%，对预应力混凝土构件小于 5%；
- c) 粗集料应采用连续级配，其松散堆积密度应大于 1500 kg/m^3 ，空隙率宜小于 40%，吸水率应小于 2%，冻融环境下其吸水率应小于 1%；
- d) 有害物质含量限值：含泥量应不大于 1%，泥块含量应不大于 0.25%，针片状颗粒含量应不大于 7%，硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计）含量应不大于 0.5%，氯离子含量应小于 0.02%。

A.3 细集料宜采用级配良好、质地均匀坚固、吸水率低、空隙小、细度模数为 2.6～3.2 的洁净天然中粗砂或人工砂，石粉含量应不大于 10%且亚甲蓝试验值应不大于 1.2。一般情况下含泥量应不大于 2.5%，处于干湿交替、冻融循环条件时，含泥量应小于 1.0%；泥块、云母、轻物质、硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计）均应不大于 0.5%；氯离子含量应小于 0.02%。

A.4 外加剂应采用高效减水剂或复合减水剂，减水率不低于 25%。外加剂不应掺有木质硫酸盐组分或含氯盐的防冻剂；引气剂或引气型外加剂应具有良好的气泡稳定性。

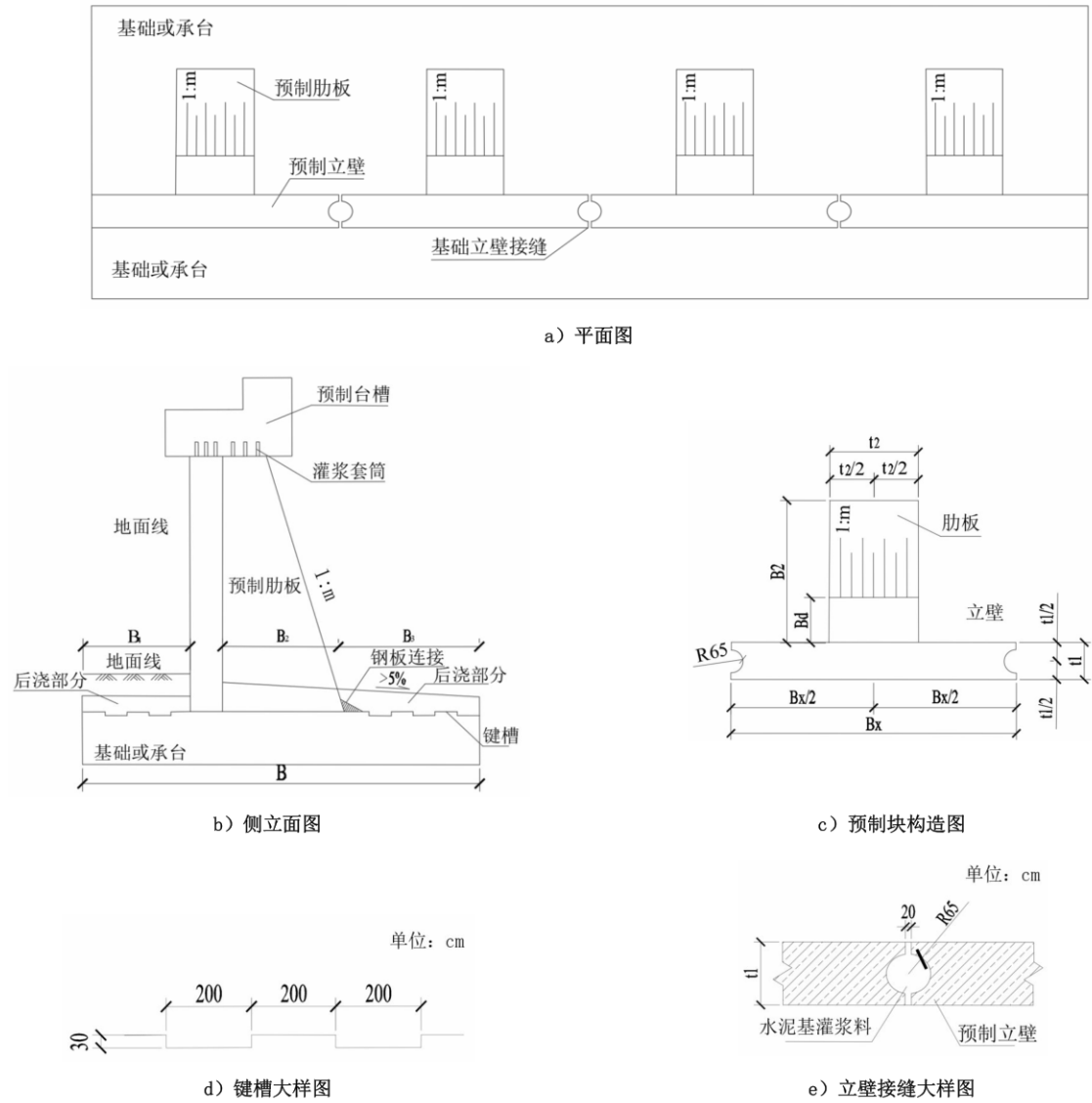
A.5 高性能混凝土所用粉煤灰、磨细矿渣粉和硅灰等矿物掺合料的技术指标应符合 JTG/T 3650-2020 中 6.15 的规定。

A.6 高性能混凝土的配合比应根据原材料品质、强度等级、耐久性以及施工工艺对工作性能的要求，通过计算、试配和调整等步骤确定。配合比设计应符合 JTG/T 3650-2020 中 6.15 的规定。

附录 B
(规范性)
装配式桥台构造图

B.1 扶壁式桥台构造

扶壁式桥台构造见图 B.1:



标引符号说明:

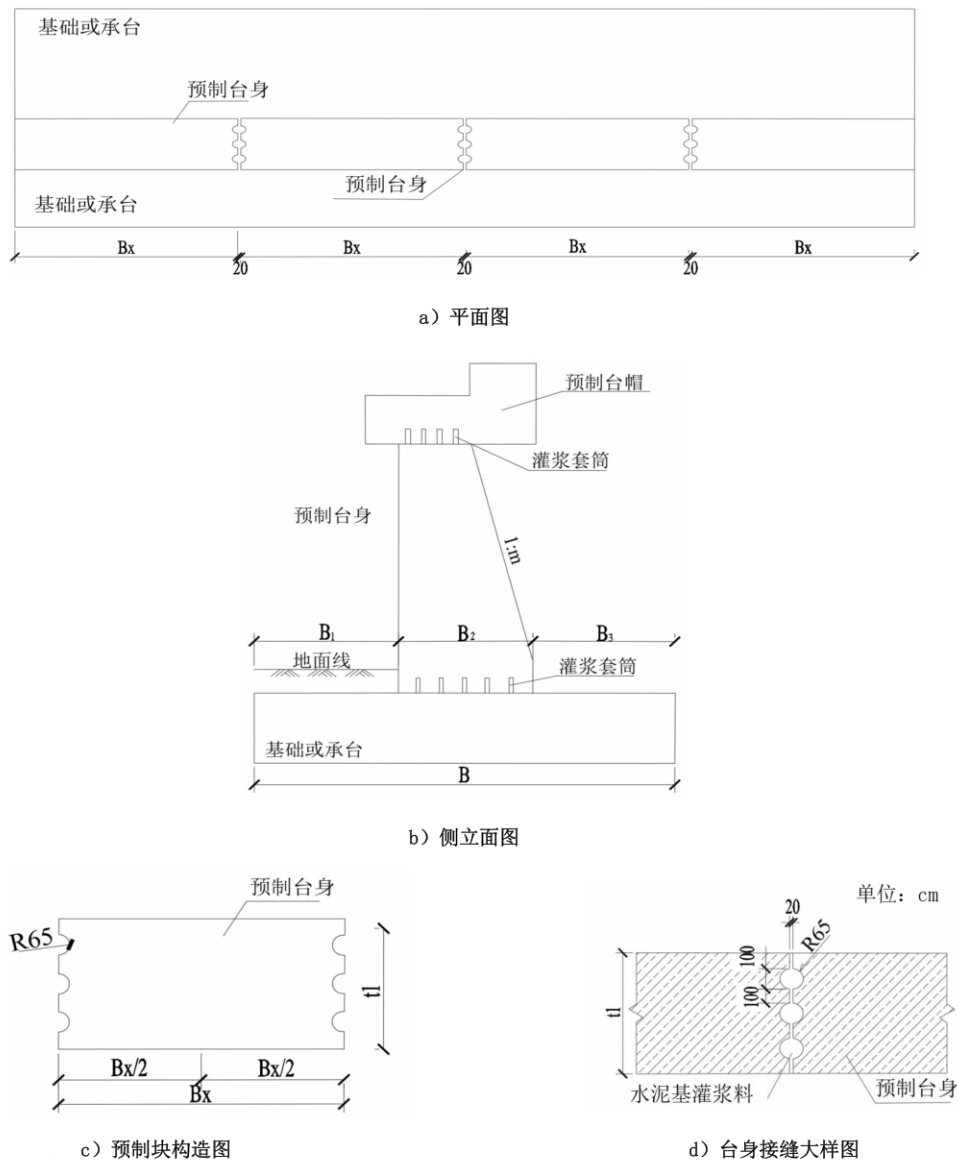
- B—基础或承台的长度
- B₁—桥台预制块宽度
- B₂—台前与基础或承台边缘的最近距离
- B₃—台身底部宽度
- B_d—台后与基础或承台边缘的最近距离

1:m—预制台身后倾斜度

图B.1 扶壁式桥台构造示意图

B.2 悬臂式桥台构造

悬臂式桥台的台帽可与台身整体预制，悬臂式桥台构造见图 B.2:



标引符号说明:

B—基础或承台的长度

B_x—桥台预制块宽度

B₁—台前与基础或承台边缘的最近距离

B₂—台身底部宽度

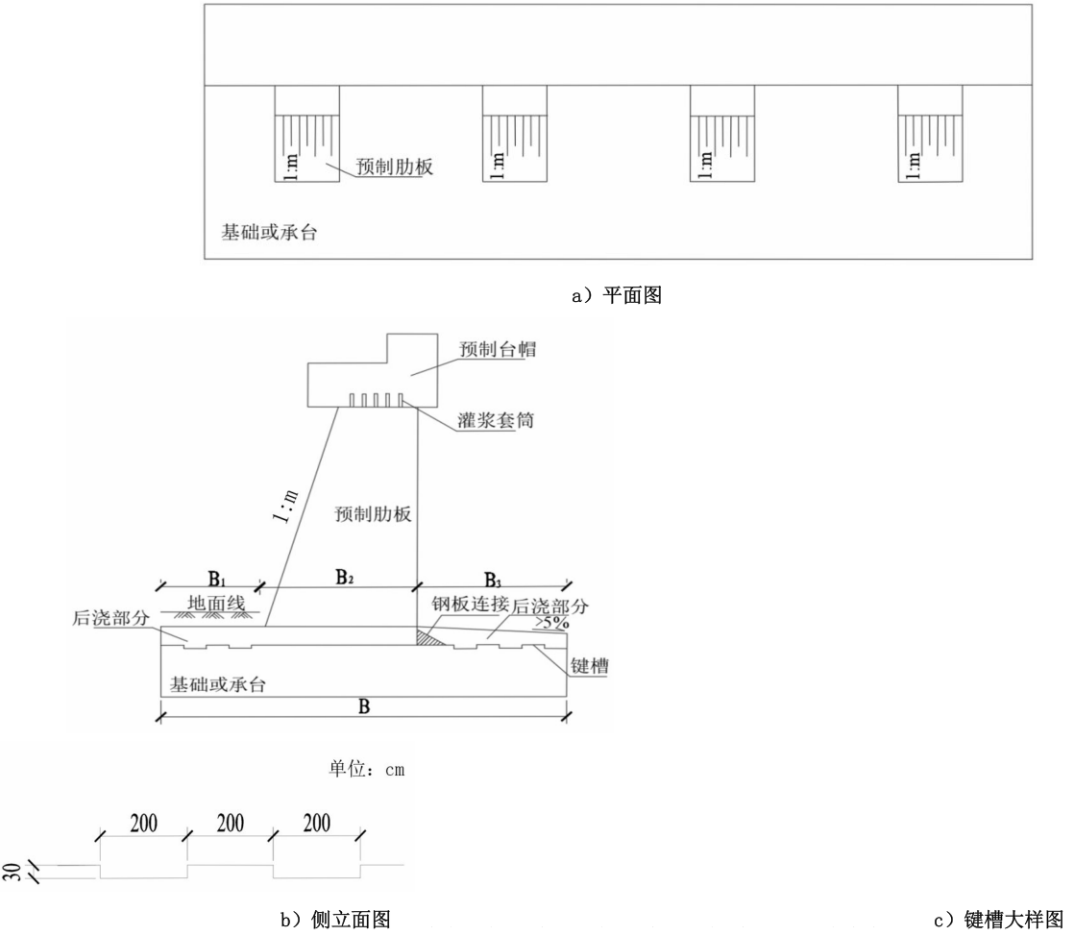
B₃—台后与基础或承台边缘的最近距离

1:m—预制台身后倾斜度

图B.2 悬臂式桥台构造示意图

B.3 肋板式桥台构造

B.3.1 肋板式桥台构造见图 B.3:



标引符号说明：

B—基础或承台的长度

B₁—台前与基础或承台边缘的最近距离

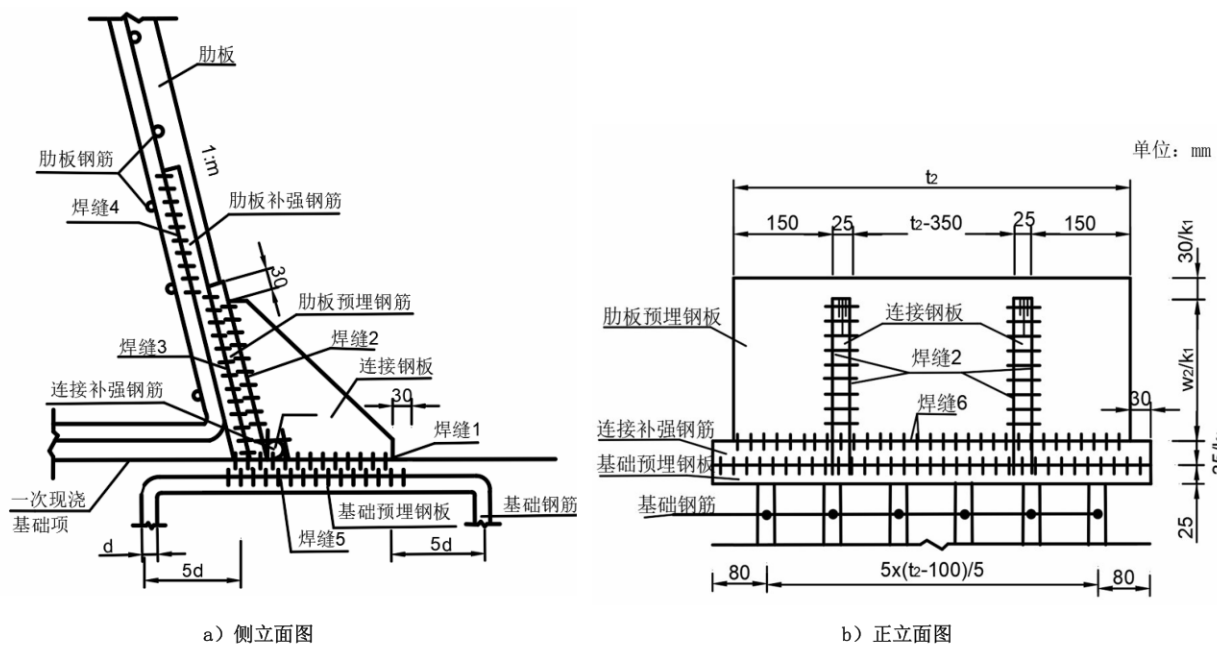
B₂—台身底部宽度

B₃—台后与基础或承台边缘的最近距离

1:m—预制台身台后倾斜度

图B.3 肋板式桥台侧立面构造示意图

B.3.2 钢板连接构造见图B.4:



图B.4 钢板连接构造示意图

附 录 C
(规范性)
钢板连接计算

C.1 连接钢板受力计算

连接钢板受力计算如公式C.1~C.5:

$$T_1 = \frac{M}{t^2/2 + B_2} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$T_2 = Q \dots\dots\dots (C.2)$$

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \dots\dots\dots (C.3)$$

$$T'_1 = T \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{1}{m_1} - \tan^{-1} \frac{T_1}{T_2}) \dots\dots\dots (C.4)$$

$$T'_2 = T \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{1}{m_1} - \tan^{-1} \frac{T_1}{T_2}) \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

T_1 ——垂直于基础连接焊缝的力 (kN) ;
 T_2 ——平行于基础连接焊缝的力 (kN) ;
 T'_1 ——垂直于肋板连接焊缝的力 (kN) ;
 T'_2 ——平行于肋板连接焊缝的力 (kN) ;
 T ——焊缝合力 (kN) ;
 M ——肋板底截面弯矩设计值 (kN·m) ;
 t_1 ——预制面板厚度 (m) ;
 B_2 ——预制肋板底宽度 (m) ;
 Q ——肋板底截面剪力设计值 (kN) ;
 m_1 ——肋板坡度。

C.2 直角角焊缝的强度计算

直角角焊缝的强度计算如公式C.6~C.8:

$$\sigma_f = \frac{T_1(\text{或} T'_1)}{h_e l_{w1}(\text{或} l_{w2})} \beta_f f_f^w \dots\dots\dots (C.6)$$

$$\tau_f = \frac{T_2(\text{或} T'_2)}{h_e l_{w1}(\text{或} l_{w2})} f_f^w \dots\dots\dots (C.7)$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2}, f_f^w \dots\dots\dots (C.8)$$

式中：

σ_f ——按焊接有效截面计算，垂直于焊缝长度方向的应力；

τ_f ——按焊接有效截面计算，沿焊缝长度方向的剪应力；

T_1 ——垂直于基础连接焊缝的力（kN）；

T_2 ——平行于基础连接焊缝的力（kN）；

T_1' ——垂直于肋板连接焊缝的力（kN）；

T_2' ——平行于肋板连接焊缝的力（kN）；

h_e ——直角角焊缝计算厚度（m）， $h_e = 0.7h_f$ ， h_f 为直角角焊缝焊脚宽度；

l_{w1} ——基础直角角焊缝计算长度（m），对每条焊缝取实际长度减 $2h_f$ ；

l_{w2} ——肋板直角角焊缝计算长度（m），对每条焊缝取实际长度减 $2h_f$ ；

f_f^w ——角焊缝强度设计值（MPa），连接钢板采用Q345B级钢， $f_f^w = 200$ MPa；

β_f ——正面角焊缝的强度设计值增大系数， $\beta_f = 1.22$ 。

C.3 钢板连接大样图见C.1：



图C.1 钢板连接大样图

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB 63/T 1986—2021

公路预制装配式桥梁下部结构质量检验
评定规范

2021 - 12 - 01 发布

2022 - 01 - 01 实施

青海省市场监督管理局

发 布

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。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：中交一公局第三工程有限公司、青海省交通控股集团有限公司、青海省交通建设管理有限公司、青海交通投资有限公司、青海西互高速公路管理有限公司、青海省交通工程技术服务中心、中交二公局第三工程有限公司、青海省交通规划设计研究院有限公司、招商局重庆交通科研设计有限公司、江西交通咨询监理有限公司、中南安全环境技术研究院股份有限公司。

本文件主要起草人：李小斌、苗玉凤、黄红照、刘方华、邓景辉、蔡军、王海静、李国全、张磊、殷俊明、邱丹丹、张晓丽、李建荣、薛海方、孔令坤、李兴旺、干求学、曾鹏、段金明、吕鸿霞。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路预制装配式桥梁下部结构质量检验评定规范

1 范围

本文件规定了公路预制装配式桥梁下部结构质量检验评定的一般规定、材料要求、预制构件制作、构件现场安装。

本文件适用于公路桥梁新建、改扩建工程预制装配式下部结构的质量检验与评定。

2 规范性引用文件

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。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应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/T 699 优质碳素结构钢
GB/T 8162 结构用无缝钢管
GB/T 13793 直缝电焊钢管
GB/T 50448 水泥基灌浆料材料应用技术规范
JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒
JG/T 408 钢筋连接用套筒灌浆料
JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程
JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
DB63/T 1984 公路预制装配式桥梁下部结构设计规范
DB63/T 1985 公路预制装配式桥梁下部结构施工技术规范

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般规定

- 4.1 下部结构预制拼装工程在现场施工的各分部工程、分项工程质量检验应符合 JTG F80/1 规定。
- 4.2 下部结构单位工程为桥梁工程；分部工程包括基础、墩台和盖梁；分项工程包括预制承台、预制桥台、预制墩柱和预制盖梁。
- 4.3 工程质量检验应符合以下规定：
 - a) 关键项目“△”的质量应经抽样检验合格；关键项目的合格率应不低于 95%，否则该检查项目为不合格；

- b) 一般项目的质量应经抽样检验合格；当采用计数检验时，除有专门要求外，一般项目的合格点率应不低于 80%，不合格点的最大偏差值应不大于规定允许偏差值的 1.5 倍，且没有出现影响结构安全、安装安全和使用安全要求的严重缺陷；
- c) 具有完整的施工操作依据和质量验收记录。
- 4.4 分项工程质量验收合格应符合以下规定：
- a) 检验记录完整；
- b) 实测项目合格；
- c) 外观质量满足要求。
- 4.5 分部工程质量验收合格应符合以下规定：
- a) 所含分项工程的质量均验收合格；
- b) 质量控制资料完整；
- c) 涉及结构安全和使用功能的质量应按规定验收合格；
- d) 外观质量验收符合要求。
- 4.6 分项工程、分部工程的质量验收记录应符合 JTG F80/1 和附录 A 规定。
- 4.7 质量验收的组织和程序应符合 JTG F80/1 和有关文件的规定。
- 4.8 下部结构预制构件经验收合格后方可出厂，出厂前应在构件表面明显位置进行标识，包括工程名称、施工方名称、监理方名称、构件编号、生产日期等，可采用二维码、预埋信息芯片等信息化标识。
- 4.9 分部工程施工质量验收合格后，验收文件应按有关规定存档备案。

5 材料要求

5.1 对采购的原材料、辅料、零部件及外协加工项目应进行质量验收，验收时供应商应提供产品出厂合格证和质量检验报告，同时进场时应进行试验检验。

5.2 混凝土、钢筋、水泥基灌浆料、垫层砂浆、环氧树脂胶、灌浆套筒、金属波纹管应按 DB63/T 1984 和 DB63/T1985 规定执行。其中金属波纹管还应满足以下要求：

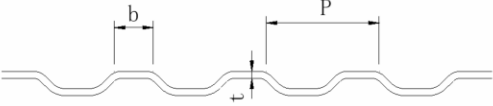
- a) 进浆孔、出浆孔的设置、位置、外形以及钢筋伸入端封盖、封口板均应根据工程需要设置。
- b) 钢筋锚固用灌浆波纹管不应采用拼接方式。金属波纹管应满足设计要求，其技术参数符合表 1 规定，金属波纹管内径应不小于 $d_s+30\text{ mm}$ (d_s 为被锚固纵向钢筋直径)。

表1 波纹管技术参数

单位：mm

钢筋直径 d_s	20	22	25	28	32	36	40
波纹管外径D	65	68	70	76	80	83	89
壁厚t	2						
波高a	5						
波谷处外径d	$d=D-2\times a$						
波谷处内径 d_i	$d_i=d-2\times t$						
锚固长度L	混凝土强度不小C40	不小于 $24d_s$					
	混凝土强度C30	不小于 $28d_s$					

表1 波纹管技术参数（续）

波纹形式	连续折线
波纹图示	
波距p	32
波宽b	0 ~ 20

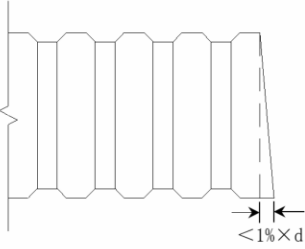
c) 金属波纹管精度应满足表 2 要求：

表2 钢筋锚固用灌浆金属波纹管尺寸偏差表

单位：mm

项次	项目	尺寸偏差
1	壁厚 t	± 0.5
2	波距 p	± 2
3	波高 a	± 0.5
4	外径 D	± 1.0
5	内径 d _i	± 3.0
6	长度 L	± 5
7	切口面倾斜*	$< 1\% \times d$
8	直线度	± 2 毫米/每延米

注：*切口面倾斜指标示意如下图：



- d) 连接接头的抗拉强度应不小于连接钢筋抗拉强度标准值，且破坏时应断于接头外钢筋；单向拉伸试验加载过程中，当接头拉力达到连接钢筋抗拉荷载标准值的 1.15 倍而未发生破坏时，应判定为抗拉强度合格，可停止试验。
- e) 存放和运输过程中应采取防雨、防锈、防污和防损伤措施。

6 预制构件制作

6.1 一般规定

- 6.1.1 下部混凝土预制构件进场时，应对其规格、型号、外观质量、预埋件、预留孔、出厂日期等进行检查，并对构件的几何尺寸、材料强度、钢筋配置等进行现场抽样检测。
- 6.1.2 预制装配式下部结构的质量检验应符合 JTG F80/1 规定。

- 6.1.3 套筒灌浆连接时，应按 JG/T 398、JGJ 355 规定进行检验。
- 6.1.4 灌浆金属波纹管连接时，锚固接头工艺按附录 B 进行检验。
- 6.1.5 金属波纹管进厂时，应抽取金属波纹管检验外观质量、标识和尺寸偏差，检验结果应符合本文件 5.2 规定。
- 6.1.6 抽取金属波纹管并采用与之匹配的水泥基灌浆料制作对中连接接头试件，应进行抗拉强度检验；试件应模拟施工条件并按施工方案制作，标准养护 28 d，试验应采用零到破坏或零到连接钢筋抗拉荷载标准值 1.15 倍的一次加载方式，并应符合 JGJ 107 规定。

6.2 模板

6.2.1 基本要求

下部结构混凝土预制构件的模板应满足以下基本要求：

- a) 模板刚度、尺寸满足预制墩柱、盖梁、承台拼装精度要求；
- b) 安装预制墩柱的承台，承台顶设置预留墩柱主受力钢筋定位架。

6.2.2 实测项目

模板安装实测项目应符合表 3 规定。

表3 预制构件模板安装实测项目

单位：mm

项次	实测项目	规定值与允许偏差	检查方法和频率
1	长度、宽度	±4	尺量：两侧边，取大值，抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
2	厚度	0，-5	尺量：两端及中部，取大值，抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
3	侧向弯曲	+2，-3	拉线、尺量：最大弯曲处，抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
4	表面平整度	$L/1000$ 且 ≤ 15	2 m靠尺和塞尺：抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
5	相邻两板表面高低差	3	尺量：抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
6	对角线	1	尺量：对角线，抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
7	翘曲	$L/1500$	水平尺：两端量测，抽查10%且不少于5件，少于5件应全数检查
注：L为板的长度，mm。			

6.2.3 外观质量

模板外观质量应满足以下要求：

- a) 表面平整光洁，无变形、裂缝、起砂和起鼓；
- b) 接缝紧密，内部无杂物、积水或冰雪等；
- c) 支撑杆件平直，无变形和锈蚀。

6.3 钢筋加工制作

6.3.1 基本要求

钢筋加工制作应满足以下基本要求：

- a) 钢筋模块可分节运输，在胎架上一次性组装成形。按设计节段分解时，不应损伤主筋及机械连接器；

- b) 钢筋模块对接区域内的箍筋、横向水平钢筋、螺旋钢筋间距及数量满足设计要求；
- c) 受力钢筋同一截面的接头数量、搭接长度、焊接或机械连接质量符合 JTG/T 3650 规定；
- d) 钢筋模块成品验收合格后，方可出厂。

6.3.2 实测项目

钢筋加工制作实测项目应符合表 4 规定。

表4 钢筋加工制作实测项目

单位：mm

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	受力钢筋间距	两排以上排距	± 5	尺量：每构件检查2个断面
		同排	± 5	
2	保护层厚度		± 5	尺量：每构件各立模板面检查5处
3	箍筋、构造钢筋间距		± 10	尺量：每构件检查5个间距
4	钢筋骨架尺寸	长	± 10	尺量：按骨架总数30%抽查
		宽、高	± 5	
5	弯起钢筋位置		± 20	尺量：每骨架抽查30%

6.3.3 外观质量

钢筋加工制作外观质量应满足以下要求：

- a) 保护层垫块安放整齐；
- b) 接头区域内钢筋连接平顺，无明显缺陷。

6.4 下部结构预制构件成品

6.4.1 基本要求

下部结构预制构件成品检验应满足以下基本要求：

- a) 应进行混凝土预制构件实体检验，其检测项目包括混凝土强度、钢筋保护层厚度、几何尺寸等；
- b) 预制构件临时固定措施应符合专项施工方案的要求及 DB63/T 1985 规定；
- c) 按进场批次检查混凝土预制构件的出厂检验报告，且标识清晰完整；
- d) 混凝土预制构件中主要受力钢筋的数量应满足设计文件要求。

6.4.2 实测项目

下部结构预制构件成品实测项目应符合表 5 规定。

表5 下部结构预制构件成品实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	混凝土强度（MPa）		在合格标准内	按照 JTG F80 附录 D 检查
2	承台	顶面标高/mm	± 5	水准仪测量，每个构件检查 4 个点
		顶面平整度/mm	± 5	靠尺量测，每个构件检查 4 个点
3	墩柱、桥台	宽、厚、直径/mm	± 5	钢尺量，每个构件两侧各 1 个断面，宽、厚各 2 个点

表5 下部结构预制构件成品实测项目（续）

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
		高度/mm	0, -5	钢尺量, 每个构件两侧各 1 个点
4	盖梁	长/mm	± 5	钢尺量, 每个构件两侧各 1 个点
		宽/mm	+5, 0	钢尺量, 每个构件两端及中间各 1 个点
		高/mm	± 5	钢尺量, 每个构件两端及中间各 1 个点
5	表面平整度	墩柱、桥台/mm	3	2m 靠尺和塞尺量, 每个构件表面 2 个点
		盖梁/mm		
6	侧向弯曲	墩柱、桥台/mm	H/750	沿构件全长(全高)拉线, 钢尺量, 每个构件检测 1 个点
		盖梁/mm	L/750	
7	灌浆套筒、金属波纹管、锚垫板	中心线位置/mm	2	钢尺量, 每个预埋件检测 1 个点
8	墩柱顶外露主筋	中心线位置/mm	2	钢尺量, 每根钢筋检测 1 个点
		外露长度/mm	± 2	
9	支座垫石	中心线位置/mm	5	钢尺量, 每个垫石检查 2 个点
		长度、宽度、高度/mm	± 5	
注: H为墩柱、桥台高度; L为盖梁宽度。				

6.4.3 外观质量

下部结构预制构件的外观质量应满足以下要求:

- 表面平整、光洁, 无明显色差, 棱角线顺直;
- 表面无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和破损;
- 预留外露钢筋无锈迹、无油污;
- 拼装接触面的凿毛符合设计要求。

7 构件现场安装

7.1 一般规定

7.1.1 下部结构预制拼装工程施工前, 应按设计文件要求, 掌握有关技术要点及细部构造, 根据工程特点, 编制专项施工方案。

7.1.2 水泥基灌浆料进场后应进行抽样检验, 检验参数为抗压强度 (1d、3d、28d)、流动性、竖向膨胀率、泌水率。

7.1.3 水泥基灌浆料检验方法和检查数量应满足以下要求:

- 检验方法: 按 GB/T 50448 和 JG/T 408 规定执行;
- 抽样数量: 按进场批次每 50 t 为一个检验批, 少于 50 t 也作为一个检验批。

7.2 下部结构预制构件安装

7.2.1 基本要求

下部结构混凝土预制构件安装应满足以下基本要求：

- a) 安装施工时构件的品种、规格和尺寸符合设计要求；
- b) 墩柱与承台、墩柱与盖梁的接缝垫层砂浆以及墩柱节段间的环氧树脂胶满足设计要求；
- c) 吊装前应进行预拼装；
- d) 预制构件调整标高、垂直度后，再进行坐浆。

7.2.2 实测项目

下部结构混凝土预制构件安装实测项目应符合表 6 规定。

表6 下部结构预制构件安装实测项目

单位：mm

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	轴线位置	承台	15	全站仪及尺量，墩柱纵横各 1 个点， 承台、盖梁纵横各 2 个点
		墩柱、桥台	5	
		盖梁	8	
2	顶面高程	承台	± 10	水准仪测量，盖梁两端及中间各 1 个点
		墩柱、桥台	± 5	
		盖梁	0，- 5	
3	相邻间距	墩柱	± 5	钢尺量，每个墩柱检查 1 个点
4	相邻墩柱顺桥向错位	墩柱	± 5	全站仪及尺量，每个墩柱检查 1 个点
5	垂直度	墩柱	≤ 3H/1000 且不大于 10	全站仪测量或垂线、尺量，纵横向各 1 个点
		盖梁	≤ 3H/1000 且不大于 5	
6	相邻节段间错台	墩柱	3	钢板尺和塞尺，纵横向各 1 个点
		盖梁		
7	支座垫石预留位置	中心线位置	10	尺量，每处纵横向各 2 个点
8	接缝宽度	墩柱	± 5	尺量，每个接缝处检测两相对表面各 1 个点
		盖梁		
注：H 为墩柱、桥台高度。				

7.2.3 外观质量

下部结构安装外观质量应满足以下要求：

- a) 表面无 JTG F80/1 附录 P 所列限制缺陷；
- b) 接缝填料无脱落和开裂现象。

7.3 套筒灌浆连接和灌浆金属波纹管连接

7.3.1 基本要求

套筒灌浆连接和灌浆金属波纹管连接应满足以下基本要求：

- a) 预留孔的规格、位置、数量和深度符合设计要求；
- b) 灌浆套筒、金属波纹管的规格、质量及连接质量符合设计要求；
- c) 水泥基灌浆料的质量符合 GB/T 50448、JG/T 408 规定和设计文件要求。

7.3.2 实测项目

灌浆套筒和灌浆金属波纹管安装连接实测项目应符合表 7 规定。

表7 下部结构预制构件安装实测项目

单位：mm

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	灌浆套筒	位置	2	全站仪及尺量，每个套筒上下部各 1 个点
2	灌浆金属波纹管	位置	4	全站仪及尺量，每个波纹管上下部各 1 个点
3	用于锚固连接灌浆套筒或金属波纹管的主筋	定位	2	全站仪及尺量，每根主筋各 1 个点
		预留长度	-2，0	尺量，每根主筋

7.3.3 外观质量

套筒灌浆连接和灌浆金属波纹管连接外观质量应满足以下要求：

- a) 灌浆套筒、金属波纹管的灌浆饱满密实，所有出浆口均应出浆；
- b) 灌浆连接后构件表面无明显浆体残留。

附录 A
(规范性)
公路预制装配式下部结构质量检验评定表格

表A.1给出了公路预制装配式下部结构分项工程质量检验评定。

A.1 公路预制装配式下部结构分项工程质量检验评定表

分项工程名称：

工程部位：（桩号、墩台号）

所属建设项目（合同段）：

所属分部工程名称：

所属单位工程：

施工方：

分项工程编号：

检验负责人：检测：记录：复核：年 月 日

表A.2给出了公路预制装配式下部结构分部工程质量检验评定。

A.2 公路预制装配式下部结构分部工程质量检验评定表

分部工程名称:

工程部位: (桩号、墩台号)

所属建设项目 (合同段):

所属单位工程名称:

施工方:

分部工程编号:

分项工程编号	分项工程		备注
	分项工程名称	质量等级	
外观质量			
评定资料			
质量等级			
评定意见			

检验负责人:

检测: 复核: 记录: 年 月 日

附录 B

(规范性)

灌浆金属波纹管连接抗拉强度试验方法

- B.1 本试验方法中钢筋级别为HRB400、直径 25 mm~40 mm、混凝土强度等级为C30~C50。
- B.2 抗拉强度试验的混凝土、钢筋、金属波纹管、水泥基灌浆料应与工程现场的材料一致。
- B.3 灌浆金属波纹管连接接头抗拉强度试验的试件数量与检验项目应符合以下规定：
- 工艺试验对中锚固接头试件 3 个、偏置锚固接头试件 3 个；
 - 波纹管进场时的抗拉强度试验的每批对中锚固接头试件 3 个。
- B.4 锚固抗拉强度试验的波纹管灌浆锚固接头试件应在检验方监督下由送检方制作，并应符合以下规定：
- 偏置锚固接头试件应保证钢筋偏置后钢筋横肋与波纹管壁接触；对中锚固接头试件的钢筋均应插入灌浆波纹管中心；所有锚固接头试件的钢筋应与灌浆波纹管轴线重合或平行；
 - 锚固接头试件应按工程要求的工艺进行灌浆；
 - 采用水泥基灌浆料拌合物时，制作试件（40 mm×40 mm×160 mm）应不少于 1 组，并宜留设不少于 2 组；
 - 锚固接头试件及水泥基灌浆料试件应进行标准养护；
 - 锚固接头试件在试验前不应进行预拉。
- B.5 锚固抗拉强度试验时，水泥基灌浆料抗压强度应为 $95\text{ N/mm}^2 \sim 110\text{ N/mm}^2$ ；当水泥基灌浆料 28d 抗压强度合格指标（ f_g ）高于 100 N/mm^2 时，试验时的水泥基灌浆料抗压强度低于 28d 抗压强度合格指标（ f_g ）的数值应不大于 5 N/mm^2 ，且超过 28d 抗压强度合格指标（ f_g ）的数值应不大于 10 N/mm^2 、 $0.1 f_g$ 二者中较大值；当锚固抗拉强度试验时水泥基灌浆料抗压强度低于 28d 抗压强度合格指标（ f_g ）时，应增加水泥基灌浆料 28d 抗压强度的检验数量。
- B.6 锚固抗拉强度试验的试验方法应符合 JGJ 107 规定，并应符合以下规定：
- 锚固接头试件的加载力应符合本文件 6.1.6 规定；
 - 偏置单向拉伸锚固接头试件的抗拉强度试验应采用零到破坏的一次加载方式。
- B.7 当锚固抗拉强度试验的水泥基灌浆料抗压强度符合本文件 B.5 规定，且锚固抗拉强度试验结果符合以下规定时，可评为合格：
- 强度检验：每个锚固接头试件的抗拉强度实测值均应符合 JGJ 107 规定；
 - 锚固抗拉强度试验：应由专业检测机构进行，并按本文件 C.1 和 C.2 规定的格式出具检验报告。
- B.8 试件钢筋锚固长度：混凝土强度等级为 C40 及以上时，锚固长度取 $18d_s$ ；当混凝土强度等级为 C30 时，锚固长度取 $21d_s$ 。
- B.9 试件制作应符合以下要求：
- 试件可单根钢筋独立制作，也可多根钢筋锚固在同一个混凝土试件上制作。单独试件混凝土部分为方柱形（试件示意图 B.1），横截面尺寸为 $400\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ ，高度应比波纹管长度长出不少于 50 mm，波纹管位于混凝土方柱正中心。多钢筋试件的宽度为 400 mm，波纹管中心到试件边距离为 200 mm，波纹管之间的中心距不小于 300 mm，高度与单独试件相同；
 - 试验波纹管长度取锚固长度，外封头圆钢片厚度应为 $2\text{ mm} \sim 3\text{ mm}$ ，与波纹管等直径，连续围焊。波纹管底部设置注浆孔，构造与现场工程一致，注浆管水平伸到试件侧面以外。波纹管顶端与混凝土表面平齐。试件浇注混凝土时用塞子临时封住波纹管上口，防止混凝土落入管中；
 - 试件混凝土不配筋，波纹管采用简易细钢筋支架绑扎固定，波纹管不应与定位钢筋焊接，定位钢筋也不应放在波谷部位，避免造成增大波纹管额外的锚固能力；
 - 试件混凝土顶面水平、光洁。波纹管和钢筋均应垂直；
 - 高强无收缩水泥基灌浆料应密实，顶面与混凝土面平齐；
 - 试件钢筋的外露长度要满足千斤顶张拉锚固的需要；

- g) 混凝土试件标准养护 3 d 后拆模，插入钢筋并灌入水泥基灌浆料，养护 28 d 后可拉拔试验。
- B. 10 拉拔试验应符合以下要求：
- a) 为减小千斤顶的影响，加载穿心千斤顶规格不小于 150 t，孔径不小于 100 mm，外径不小于 250 mm。加载时，千斤顶与混凝土间设置 20 mm 厚的钢垫板，中心开直径 150 mm 圆孔，垫板圆孔与波纹管对准。钢垫板与混凝土之间涂抹黄油润滑，以减少对混凝土试件的约束；
 - b) 钢筋上端的锚固采用夹具或焊接锚固头的方式。当采用焊接锚固头方式时，锚固头及焊缝的构造应避免应力集中而造成断裂位置发生在锚固头下端，并且焊接完毕需自然冷却至室温后，方可加载试验；
 - c) 钢筋锚固性能试验采用拉拔试验方式，拉拔试验加荷为分级连续加荷，直到试件钢筋屈服或拉断破坏为止。加载速度根据拉拔试验操作方法确定，通过数字压力表记录钢筋屈服或拉断时的压力值，千分表记录钢筋自由端滑移量；
 - d) 抗拉强度试验应做好安全防护措施。

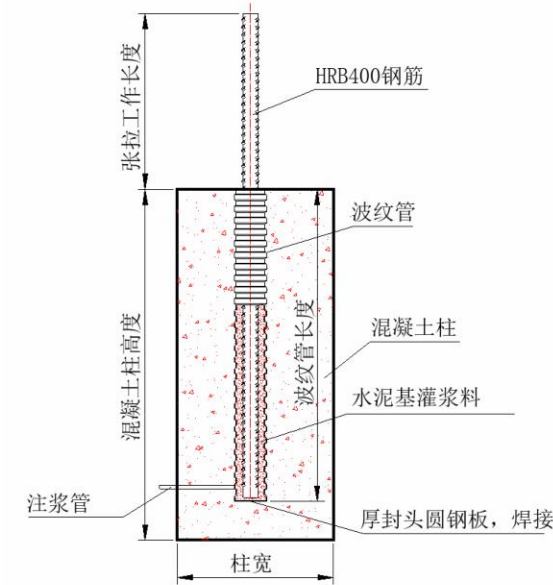


图 B. 1 试件示意图

附 录 C
(规范性)
灌浆金属波纹管连接接头试件检验报告

灌浆金属波纹管连接接头试件工艺检验报告应按表C.1格式记录。

表C.1 金属波纹管灌浆锚固接头试件工艺检验报告

接头名称					送检日期			
送检单位					试件制作地点			
钢筋生产企业					钢筋牌号			
钢筋公称直径(mm)					波纹管类型			
波纹管品牌、型号					水泥基灌浆料品牌、型号			
灌浆施工人及所属单位								
对中单向拉伸 试验结果	试件编号	No. 1		No. 2		No. 3		要求指标
	屈服强度 (N/mm ²)							
	抗拉强度 (N/mm ²)							
	最大力下总伸长率 (%)							
	破坏形式							钢筋拉断
偏置单向拉伸 试验结果	试件编号	No. 4		No. 5		No. 6		要求指标
	屈服强度 (N/mm ²)							
	抗拉强度 (N/mm ²)							
	最大力下总伸长率 (%)							
	破坏形式							钢筋拉断
水泥基灌浆料抗压 强度试验结果	试件抗压强度量测值 (N/mm ²)							28 d 合格指标 (N/mm ²)
	1	2	3	4	5	6	取值	
评定结论								
检验单位								
试验员				校核				
负责人				试验日期				

灌浆金属波纹管连接接头试件抽样检验报告应按表C.2格式记录。

表C.2 金属波纹管灌浆锚固接头试件抽样检验报告

接头名称							送检日期		
送检单位							试件制作地点		
钢筋生产企业							钢筋牌号		
钢筋公称直径(mm)							波纹管类型		
波纹管品牌、型号							水泥基灌浆料品牌、型号		
灌浆施工人及所属单位									
对中单向拉伸试验结果	试件编号		No. 1		No. 2		No. 3		要求指标
	屈服强度 (N/mm ²)								
	抗拉强度 (N/mm ²)								
	最大力下总伸长率 (%)								
	破坏形式								钢筋拉断
水泥基灌浆料抗压强度试验结果	试件抗压强度量测值 (N/mm ²)							28 d 合格指标 (N/mm ²)	
	1	2	3	4	5	6	取值		
评定结论									
检验单位									
试验员					校核				
负责人					试验日期				
注：对中单向拉伸检验结果、水泥基灌浆料抗压强度试验结果、检验结论由检验单位负责检验与填写，其他信息应由送检单位如实申报。									