

ICS 93.040

CCS P28

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

粤港澳大湾区城际铁路 预制节段拼装连续刚构桥梁技术规程

Technical code for precast segmental continuous rigid frame bridge of intercity railway
of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

（征求意见稿）

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 总则..... 3

5 材料..... 3

6 设计荷载..... 6

7 结构变形变位的限值..... 8

8 结构设计..... 10

 8.1 一般规定..... 10

 8.2 预制节段拼装梁计算..... 12

 8.3 预制节段拼装梁构造..... 14

9 接口设计..... 17

10 施工..... 17

11 验收..... 17

附录 A 环氧树脂胶粘剂可施胶时间与可粘结时间的测定方法..... 36

附录 B 环氧树脂胶粘剂抗剪强度测定方法..... 38

附录 C 环氧树脂胶粘剂抗拉弯强度测定方法..... 40

附录 D 桩基承台计算..... 42

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。

本文件由广东省交通运输厅提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广州地铁设计研究院股份有限公司、广州地铁集团有限公司、深圳市地铁集团有限公司、瀚阳国际工程咨询有限公司、中国铁路设计集团有限公司、广州铁路投资建设集团有限公司、广州地铁建设管理有限公司、广东冶建施工图审查中心有限公司。

本文件主要起草人：张志良、林志元、郭敏、孙峻岭、何永平、雷文斌、延力强、刘健美、陈亮、何建梅、王淑敏、李仪第、张志国、商耀兆、韩鹤翔、莫暖娇、罗欣、历付、牟兆祥、刘美铭、上官兵、林世生、韦永美。

粤港澳大湾区城际铁路预制节段拼装连续刚构桥梁技术规程

1 范围

本文件规定了粤港澳大湾区城际铁路预制节段拼装连续刚构桥梁结构设计、施工及验收技术要求。

本文件适用于粤港澳大湾区新建设计速度为 200km/h 及以下的标准轨距城际铁路预制节段拼装混凝土连续刚构桥梁结构设计、施工及验收。其他地区新建城际铁路同类型桥梁工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3077 合金结构钢
GB 5224 预应力混凝土用钢绞线
GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝
GB/T 41054-2021 高性能混凝土技术条件
GB 50111-2006 铁路工程抗震设计规范（2009年版）
GB 50216 铁路工程结构可靠性设计统一标准
GB 50728-2011 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
CJJ 11-2011 城市桥梁设计规范（2019年版）
CJJ / T 293 城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准
JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
JT/T 1311 公路铁路交叉路段技术要求
JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
TB/T 2965-2018 铁路桥梁混凝土桥面防水层
TB/T 3192-2008 铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件
TB/T 3193-2016 铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器
TB/T 3435-2016 铁路混凝土桥梁梁端防水装置
TB 10002 铁路桥涵设计规范
TB 10005 铁路混凝土结构耐久性设计规范

TB 10015 铁路无缝线路设计规范
TB 10091 铁路桥梁钢结构设计规范
TB 10092 铁路桥涵混凝土结构设计规范
TB 10093 铁路桥涵地基和基础设计规范
TB 10623 城际铁路设计规范
TB 10671-2019 高速铁路安全防护设计规范

3 术语和定义

3.1

刚构桥 ridge frame bridge

桥跨结构与桥墩或桥台刚性连接的桥。【来源：TB 10092】

3.2

连续刚构梁桥 semi-ridge frame bridge or semi-integral bridge

两跨或两跨以上桥跨结构与桥墩或桥台部分刚性连接，部分设支座支撑的连续梁桥。

3.3

全刚构梁桥 integral bridge

两跨或两跨以上桥跨结构与桥墩或桥台全部刚性连接成为整体，全联不设支座的连续刚构梁桥。

3.4

预制节段混凝土梁 precast segmental concrete beam

工厂或现场预先制作的混凝土节段通过可靠的连接方式拼装而成的混凝土梁。

3.5

逐跨拼装法 span-by-span construction method

将预制混凝土节段利用专用设备逐跨进行拼装、逐跨施加预应力的施工方法。

3.6

悬臂拼装法 balanced cantilever construction method

自桥墩两侧平衡地逐段向跨中悬臂拼装预制混凝土节段、施加预应力的施工方法。

3.7

短线法节段三维线形控制 Segmental short-line method 3D geometry control

在预制和架设过程中，采用三维空间坐标、变形预拱度分析、误差纠偏、精确测量等手段控

制预制节段间相对几何关系，使成桥线形符合设计线形的技术。

4 总则

- 4.1 桥梁的总体布置、孔径设计、桥下净空应符合 TB 10002-2017 第 3.1、第 3.2 节的规定。
- 4.2 桥梁应满足运营、检查、维护的要求，并具有良好的耐久性。结构应简洁美观，力求标准化，便于工厂化制造和机械化施工。
- 4.3 桥梁主体结构的设计使用年限应为 100 年。
- 4.4 桥梁设计方案的确定应调查研究河流的历史、现状及其发展趋势，分析桥址地质情况，考虑桥涵与道路、水利、航运及工农业的相互关系，并满足环境保护、水土保持、文物保护等要求。
- 4.5 桥梁结构在制造、运输、安装和运营过程中，应具有规定的强度、刚度、稳定性，并应满足轨道平顺性、列车运行安全性和旅客乘坐舒适性的要求。
- 4.6 桥梁结构形式选择应综合考虑使用功能、水文和地质情况、环境条件、轨道类型以及施工方法等因素。
- 4.7 桥梁结构的工程材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境类别及作用等级选用。
- 4.8 桥梁设计洪水频率应符合 TB10002-2017 中第 1.0.9 条要求。
- 4.9 铺设无缝道岔的桥梁结构应符合 TB10015-2012 第 7.3 节的规定。
- 4.10 桥梁的建筑限界应符合现行 TB10623 中第 1.0.6 条的规定。
- 4.11 桥梁应按《铁路安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 639 号）的有关规定，进行安全警示、保护标志，防护设施的设计。
- 4.12 城际铁路线路交叉跨越桥梁结构的设计与安全防护按 TB 10002-2017 第 3.7 节及现行 JT/T 1311 的相关规定执行。
- 4.13 铁路与油气输送管道交叉、并行时，应符合《油气输送管道与铁路交汇工程技术及管理规范》（国能油气[2015] 392 号）的要求。
- 4.14 桥梁设计除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

5 材料

- 5.1 混凝土、钢筋、预应力钢筋的力学性能指标应符合现行行业标准 TB 10092 的规定。
- 5.2 高性能混凝土的分类和性能等级、一般要求、原材料、配合比、质量要求、制备、试验方法、检验规则等应符合 GB/T 41054 的规定。
- 5.3 预应力管道应采用金属波纹管、高密度聚乙烯或聚丙烯塑料波纹管。金属波纹管及塑料波纹管应分别符合现行行业标准 JG/T 225、JT/T 529 的规定。

- 5.4 锚具采用夹片式群锚体系的材质应符合现行国家标准 GB/T 699 和 GB/T 3077 的规定，锚固性能应符合现行标准 TB/T 3193 的规定。
- 5.5 体内预应力管道压浆应采用管道压浆料或管道压浆剂。原材料性能指标应符合 TB/T3192 的规定。预应力管道压浆浆体性能指标应符合表 1 的规定。

表 1 预应力管道压浆浆体性能指标及试验方法

检 验 项 目		性能指标	试验方法
凝结时间 (h)	初凝	≥4	GB/T 1346
	终凝	≤24	
流动度 (s)	出机流动度	18±4	TB/T 3192
	30min 流动度	≤30	
泌水率 (%)	自由泌水率	0	TB/T 3192
	3h 毛细泌水率	≤0.1	
压力泌水率 (%)	0.22MPa (当孔道垂直高度≤1.8m)	≤3.5	TB/T 3192
	0.36MPa (当孔道垂直高度>1.8m)		
充盈度		合格	TB/T 3192
7d 强度 (MPa)	抗折	≥6.5	GB/T 17671
	抗压	≥35	
28d 强度 (MPa)	抗折	≥10	
	抗压	≥50	
24h 自由膨胀率 (%)		0-3	TB/T 3192
含气量 (%)		1-3	GB/T 50080
氯离子含量 (%)		≤0.06	GB/T 176

- 5.6 封锚混凝土应使用补偿收缩高性能细石混凝土，其水胶比不得大于本体混凝土的水胶比，强度不得低于本体混凝土，且宜掺入阻锈剂。
- 5.7 节段预制桥梁接缝材料应采用环氧树脂胶粘剂，胶粘剂性能指标应符合表 2 的规定。

表 2 环氧树脂粘结剂主要性能指标及检验方法

检 验 项 目		性能指标	检验方法
物理性能	可施胶时间(min)	≥ 20	附录 A
	可粘接时间(min)	≥ 60	附录 A
	抗流挂性能 (mm) ¹	模具内腔尺寸 50x100x10mm, 垂直悬挂 10min 无流坠的最小厚度≥10	GB/T 13477.6
	吸水率(%)	≤ 0.5	GB/T 1034
	水中溶解率(%)	≤ 0.1	GB/T 1034
	热变形温度(℃)	≥50	GB/T 1634.2
力学	抗剪强度 (MPa)	≥14	附录 B

性能	抗压强度（MPa）	产品适用温度下限 12h≥20 24h≥60 7d≥80	GB/T 2567
	抗拉弯强度（MPa）	开裂全部发生在混凝土之内	附录 C
	钢对钢拉伸抗剪强度（MPa）	≥17	GB/T 7124
	钢对 C45 混凝土的正拉粘结强度（MPa）	≥3.0，且为混凝土内聚破坏	GB 50728
不挥发物含量	（105±2）℃、 （180±5）min	≥99%	GB 50728
耐湿热老化能力		经 50℃、98%湿度恒定作用 90d 后，在常温下试件的钢-钢拉伸抗剪强度的下降幅度不得超过参比试件强度的 10%。	GB 50728
耐长期应力作用能力		在（23±2）℃、（50±5）%相对湿度环境下，承受 5.0MPa 剪应力，持续作用 210d，钢对钢拉伸抗剪试件不破坏，且蠕变的变形值<0.4mm。	GB 50728
耐疲劳作用能力		在室温下，以频率为 5HZ、应力比 5:1.5、最大应力为 4.0MPa 的 200 万次疲劳载荷作用后，钢对钢拉伸抗剪试件不破坏。	GB 50728
耐盐雾性能 ²		5%氯化钠溶液、喷雾压力 0.08MPa、试验温度(35+2)℃、每 0.5h 喷雾一次、每次 0.5h、作用持续时间 90d，到期钢-钢拉伸抗剪强度降低率≤5%，且不得有裂纹或脱胶。	GB 50728
耐酸介质作用 ²		5%H2SO4 溶液：试验温度（35±2）℃；浸泡时间 30d；到期进行钢对混凝土正拉粘接强度试验，混凝土破坏；且试样外观不得有裂纹或脱胶。	GB 50728
耐碱介质作用 ²		Ca(OH) ₂ 饱和溶液：试验温度（35±2）℃；浸泡时间 60d；到期进行钢对混凝土正拉粘接强度试验，强度不下降，且为混凝土破坏；且试样外观不得有裂纹、剥离或起泡。	GB 50728

注:

1 本条文中所列指标均为胶体在适用温度范围内的；抗流挂性能测试温度为适用温度范围的上限。

2 对使用环境的介质有特殊要求的粘结剂，检测耐介质侵蚀性能。

5.8 混凝土桥面的防水材料应满足 TB/T 2965 的规定。

6 设计荷载

6.1 粤港澳大湾区城际铁路桥梁结构应按表 3 所列荷载的最不利组合进行设计。

表 3 荷载分类及组合

荷载分类		荷载名称
主力	恒载	结构构件及附属设备自重 预加应力 混凝土收缩和徐变的影响 土压力 静水压力及水浮力 基础变位的影响
	活载	列车竖向静活载 公路（城市道路）活载 列车竖向动力作用 离心力 横向摇摆力 活载土压力 人行道人行荷载 气动力
附加力		制动力或牵引力 支座摩擦阻力 风力 流水压力 温度变化的影响 波浪力
特殊荷载		列车脱轨荷载 船只或排筏的撞击力 汽车撞击力 施工荷载 地震力 长钢轨纵向作用力（伸缩力、挠曲力和断轨力）
注 1：当杆件主要承受某种附加力时，该附加力应按主力考虑。 注 2：流水压力不与制动力或牵引力组合。 注 3：船只或排筏的撞击力、汽车撞击力，只计算其中的一种荷载与主力相组合，且不与其它附加力组合。 注 4：列车脱轨荷载只与主力中恒载组合，不与主力中活载和其他附加力组合。 注 5：地震力与其它荷载的组合应符合 GB 50111-2006（2009 年版）的相关规定。 注 6：无缝线路纵向作用力不参与常规组合，其与其他荷载的组合按 TB 10002-2017 的第 4.3.13 条的相关规定执行。 注 7：混凝土的收缩、徐变影响可按现行行业标准 JTG 3362-2018 的规定执行，完成时长按 10 年计。		

6.2 设计荷载的计算，除本规程规定的外，其余尚应符合 TB10002 第 4 章的规定。

6.3 桥涵设计活载应采用 ZC 活载，ZC 标准活载如图 1 所示，ZC 特种活载如图 2 所示，并符合下列规定：

- a) 单线、双线的桥梁结构，各线均应计入 100%活载作用。
- b) 多于两线的桥梁结构应按以下最不利情况考虑：
 - 1) 按两条线路在最不利位置承受活载，其余线路不承受列车活载。

- 2) 所有线路在最不利位置承受 75%的活载。
- c) 设计加载时, 活载图式可任意截取。对多符号影响线, 可在同符号影响线各区段进行加载, 异符号影响线区段长度不大于 15m 时可不加活载; 异符号影响线区段长度大于 15m 时, 可按空车静活载 10kN/m 加载。需要加载的结构(影响线)长度超过运营列车最大编组长度时, 加载长度可采用列车最大编组长度。
- d) 用空车检算桥梁各部分构件时, 竖向活载应按 10kN/m 计算。
- e) 对于小跨度桥梁需要进行 ZC 特种活载检算。

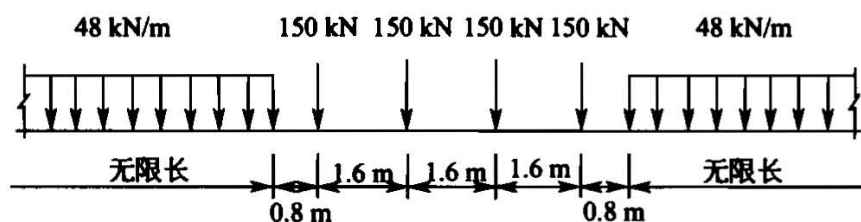


图 1 ZC 标准活载图示

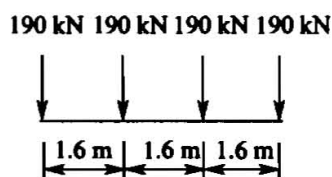


图 2 ZC 特种活载图示

6.4 温度作用应按现行 TB10002、TB 10092 的规定计算。结构构件应考虑截面的上下、侧面、内外温差产生的应力和位移。粤港澳大湾区城际铁路混凝土结构温度场在无现场测试数据的情况下,可参考以下规定:

- a) 整体升降温：按 $\pm 20^{\circ}$ 取值计算；
- b) 顶板温度梯度：按 TB10092-2017 附录 B，铺轨后，桥面非线性升温 10°C ，并考虑 0.5 倍的负温度梯度。施工阶段铺设轨道板前，考虑裸梁暴晒，按顶板升温 20°C 非线性升温，并考虑 0.5 倍的负温度梯度。
- c) 箱梁横框计算时，箱梁内外温差采用线形变化，如下图：

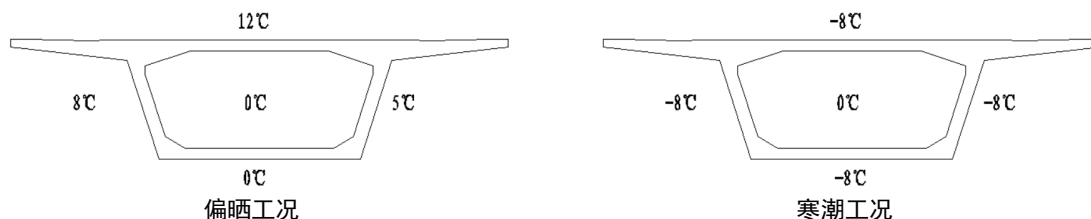


图 3 箱梁横框温度场

- d) 墩高 $\geq 20\text{m}$ 时,薄壁墩纵桥向计算时宜考虑桥墩纵桥向相对温差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$;横桥向变形计算

时宜考虑桥墩横桥向相对温差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

7 结构变形、变位的限值

7.1 本章规定跨度不大于 128m 混凝土梁及墩高不大于 50m 的桥梁。

7.2 梁体竖向变形限值应符合下列规定：

- a) 列车竖向静活载作用下梁体的竖向挠度限值按 TB10002-2017 表 5.2.2 要求执行。
- b) 连续刚构梁桥的竖向挠度计算应考虑温度的影响，按下列最不利情况取值：
 - 1) 列车竖向静活载作用下产生的挠度值与 0.5 倍温度引起的挠度值之和。
 - 2) 0.63 倍列车竖向静活载作用下产生的挠度值与全部温度引起的挠度值之和。
- c) 无砟轨道桥面连续刚构梁桥，在轨道铺设完成后梁体竖向残余徐变变形应符合下列规定：
 - 1) 当跨度小于等于 50m 时，梁体竖向残余徐变变形不应大于 10mm。
 - 2) 当跨度大于 50m 时，梁体竖向残余徐变变形不应大于 $L/5000$ 且不应大于 20mm。

7.3 梁体横向变形的限值应符合下列规定：

- a) 在列车横向摇摆力、离心力、风力和温度的作用下，梁体的水平挠度不应大于梁体计算跨度的 $1/4000$ 。
- b) 在列车横向摇摆力、离心力和温度的作用下，无砟轨道桥梁相邻梁端两侧的钢轨支点处横向相对位移不应大于 1mm。

7.4 列车竖向静活载作用下梁体扭转引起的轨面不平顺限值，在 3m 长的线路范围一线两根钢轨的竖向相对变形量限值应符合下列规定：

- a) 当设计速度 200km/h 时，竖向相对变形量不应大于 3.0mm。
- b) 当设计速度 160km/h 时，竖向相对变形量不应大于 3.7mm。

7.5 车桥耦合动力响应指标应符合下列规定：

- a) 脱轨系数 Q/P 不应大于 0.8。
- b) 轮重减载率 $\Delta P/P$ 不应大于 0.6。
- c) 轮对横向水平力 Q 不应大于 $(10+P_0/3)$ kN， P_0 为静轴重。
- d) 车体竖向振动加速度 a_z 不应大于 1.3m/s^2 （半峰值）。
- e) 车体横向振动加速度 a_y 不应大于 1.0m/s^2 （半峰值）。
- f) 斯佩林舒适度指标可按表 4 选用。

表 4 斯佩林舒适度指标

序号	斯佩林舒适度指标	评价等级
1	$W \leq 2.50$	优
2	$2.50 < W \leq 2.75$	良
3	$2.75 < W \leq 3.00$	合格

7.6 在列车竖向静活载作用下，桥梁梁端竖向转角限值应符合表 5 的规定。梁端竖向转角如图 4 所示。无砟轨道桥梁，当梁端转角限值不满足表中限值要求时，应对梁端轨道结构和扣件系统受力进行检算。

表 5 梁端转角限值

桥上轨道类型	位置	限值（rad）	备注
有砟轨道	桥台与桥梁之间	$\theta \leq 3.0\text{‰}$	-
	相邻两孔梁之间	$\theta_1 + \theta_2 \leq 6.0\text{‰}$	-
无砟轨道	桥台与桥梁之间	$\theta \leq 2.1\text{‰}$	梁端悬出长度 $\leq 0.3\text{m}$
		$\theta \leq 1.5\text{‰}$	$0.3\text{m} < \text{梁端悬出长度} \leq 0.55\text{m}$
		$\theta \leq 1.0\text{‰}$	$0.55\text{m} < \text{梁端悬出长度} \leq 0.75\text{m}$
无砟轨道	相邻两孔梁之间	$\theta_1 + \theta_2 \leq 4.2\text{‰}$	梁端悬出长度 $\leq 0.3\text{m}$
		$\theta_1 + \theta_2 \leq 3.0\text{‰}$	$0.3\text{m} < \text{梁端悬出长度} \leq 0.55\text{m}$
		$\theta_1 + \theta_2 \leq 2.0\text{‰}$	$0.55\text{m} < \text{梁端悬出长度} \leq 0.75\text{m}$
注：相邻两孔梁的转角之和（ $\theta_1 + \theta_2$ ）除应满足本条规定的限值外，每孔梁的转角尚应满足本条中“桥台与桥梁间转角限值”规定。			

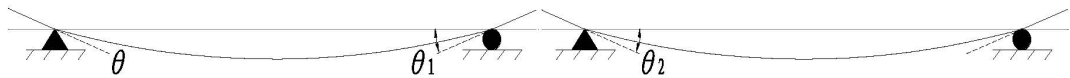


图 4 梁端转角示意图

- 7.7 不设钢轨伸缩调节器的连续刚构梁桥，墩顶纵向水平线刚度应由梁-轨共同作用分析确定。
- 7.8 墩台横向水平线刚度应满足列车运行安全性和旅客乘车舒适度要求，并应对最不利荷载作用下墩台顶横向弹性水平位移进行计算。在列车竖向静活载、横向摇摆力、离心力、风力和温度的作用下，墩顶横向水平位移引起的桥面处梁端水平折角如图 5 所示，并应符合下列规定：
- a) 当设计速度 200km/h 时，梁端水平折角不应大于 1.0‰rad。
 - b) 当设计速度 160km/h 时，跨度小于 40m 的梁端水平折角不应大于 1.5‰rad，跨度大于等于 40m 的梁端水平折角不应大于 1.0‰rad。
 - c) 梁端水平折角计算应考虑以下荷载作用：竖向静荷载；曲线上列车的离心力；列车的横向摇摆力；列车、梁及墩身风荷载或 0.4 倍的风荷载与 0.5 倍的桥墩温差组合作用，取较大者；水中墩的水流压力作用；地基基础弹性变形引起的墩顶水平位移。

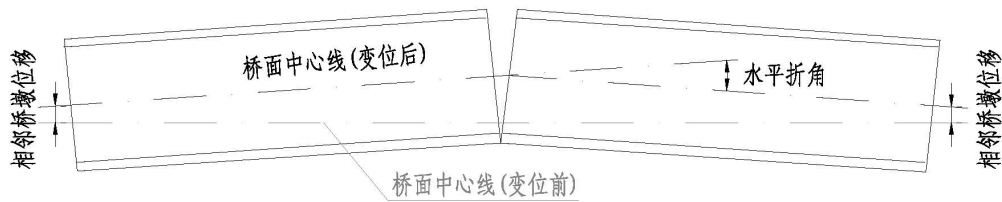


图 5 水平折角示意图

7.9 墩台基础的沉降应按恒载计算，墩台基础工后均匀沉降量不应大于表 8 规定的限值，超静定结构相邻墩台沉降量之差除应满足表 6 规定的限值外，尚应根据沉降差对结构产生的附加应力的影响确定。

表 6 静定结构墩台基础工后沉降限值

桥上轨道类型	设计速度	沉降类型	限值
有砟轨道	200km/h	墩台均匀沉降	50mm
		相邻墩台沉降差	20mm
有砟轨道	160km/h	墩台均匀沉降	80mm
		相邻墩台沉降差	40mm
无砟轨道	200km/h 160km/h	墩台均匀沉降	20mm
		相邻墩台沉降差	10mm

8 结构设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 常用跨度连续刚构梁桥根据场地及线路条件，可连续布置 2~4 跨一联。桥墩可采用双薄壁或单薄壁墩形式。全刚构梁桥相邻联边墩分离，应设置横向限位挡块。
- 8.1.2 常用跨度连续刚构梁桥上部结构应采用全预应力混凝土结构，桥墩结构采用钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构。桥墩型式应结合桥梁所处的地域、地形、水文、立交条件及景观要求等宜成段统一。
- 8.1.3 常用跨度连续刚构梁桥上部结构根据工程规模、建设条件、设备工艺宜选择逐跨拼装、悬臂拼装、整孔预制等预制架设工法，困难条件下可选用支架现浇、移动模架现浇、悬臂浇筑等桥位制梁法。
- 8.1.4 预制节段拼装连续刚构桥梁结构计算及构造要求除应满足本规范的规定外，未提及内容尚应符合 TB10092 的规定。

8.1.5 计算连续刚构内力及反力时，应考虑温差、基础不均匀沉降、混凝土收缩及徐变等因素的影响。对于预应力混凝土连续刚构，应力计算及破坏阶段的截面强度计算时，还应考虑预加力产生的二次力的影响。其中，

- a) 破坏阶段截面强度计算中，预加力产生的二次力作为计算效应与其他荷载效应组合。
- b) 应力计算：扣除相应阶段预应力损失后混凝土预压应力 σ_{pc} ：

$$\sigma_{pc} = \frac{N_p}{A_n} \pm \frac{N_p e_{pn}}{I_n} y_n \pm \frac{M_{p2}}{I_n} y_n \dots\dots\dots (8.1.5)$$

式中： σ_{pc} ——由预加力（扣除所有预应力损失）产生的混凝土法向压应力（MPa）；
 N_p ——预加力产生的轴向力（MN）；
 M_{p2} ——由预加力 N_p 在连续梁（连续刚构）产生的次弯矩（MN·m）；
 A_n ——净截面面积（m²）；
 I_n ——净截面计算惯性矩（m⁴）；
 y_n ——净截面重心至计算纤维处的距离（m）；
 e_{pn} ——净截面重心至体内预应力钢筋合力点的距离（m）。

8.1.6 受弯构件在进行正截面抗弯承载力计算时，如受压区高度不满足小于等于 0.4 倍截面有效高度的条件时——，可不考虑按运营阶段抗裂计算增加的纵向受拉钢筋。

8.1.7 预应力筋与管道壁之间的摩擦系数 μ 、管道每米对其设计位置的偏差系数 k ，如无可靠试验资料的情况下，可按表 7 采用。若有现场实测数据，经评估后可在设计中采用。

表 7 μ 、 k 值

管道类型	μ	k
抽拔橡胶棒	0.55	0.0015
塑料波纹管	0.15~0.2	0.0015
金属波纹管	0.2~0.26	0.0020~0.0030

- 8.1.8 连续刚构桥墩内力计算时，应计入混凝土收缩徐变的影响。
- 8.1.9 连续刚构桥墩可按一端固定，一端有水平弹性和转动约束的构件计算受压构件的计算长度。
- 8.1.10 桩基础承台设计应符合 TB 10093 的规定。当承台桩基布置不满足刚性角的情况下，可采用“撑杆-系杆体系”（附录 D）进行配筋计算。
- 8.1.11 桥梁抗震设计应符合现行国家标准 GB50111 的规定。对于抗震抗震设计困难且条件许可的桥梁宜采用减隔震设计，并满足正常使用的要求。
- 8.1.12 桥梁结构应按照设计使用年限、环境类别、作用等级及结构特点进行耐久性设计。桥梁混凝土结构及构件耐久性设计符合下列规定：
 - a) 混凝土结构构件耐久性设计应符合 TB 10005 的规定。
 - b) 应对铁路沿线的气候、水质、土质进行勘察或调查，确定混凝土结构所处的环境类别和

作用等级，采取相应的耐久性技术措施。

- c) 广东省湾区城际铁路沿线一般大气环境下无防护措施的桥梁结构，环境类别为碳化环境，桥墩、梁部碳化环境作用等级分别为 T3、T2。
- d) 桥梁的结构形式、结构构造应有利于排水、通风，避免水汽凝聚和有害物质积聚。
- e) 预应力混凝土构件最低混凝土强度不低于 C50。预应力钢筋保护层厚度应符合本规程 8.3.11 条规定。
- f) 预应力混凝土结构中的预应力体系应采用多重防护措施。预应力混凝土梁的封锚及接缝处应在构造上采取防排水措施。纵向预应力钢筋不宜采用梁面张拉。
- g) 预应力孔道灌浆应采用真空压浆和智能压浆技术。
- h) 预制节段拼装梁耐久性还应应符合本规范 8.2、8.3 的相关规定。

8.2 预制节段拼装梁计算

8.2.1 节段预制拼装桥梁结构的材料容许应力、结构安全系数和结构计算方法应符合 TB 10092 的规定。

8.2.2 节段预制拼装桥梁结构应按不允许出现拉应力的预应力混凝土结构设计。

8.2.3 节段预制桥梁结构正截面抗弯、斜截面抗弯和斜截面抗剪强度计算应按现行行业标准 TB 10092 的规定执行，并应计入强度折减，满足下列公式的要求：

$$KM \leq \phi_f M_R \quad (8.2.3-1)$$

$$KV \leq \phi_v V_R \quad (8.2.3-2)$$

式中：K——强度安全系数，按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定取值；

M ——计算弯矩（kN·m）；

V ——计算剪力（kN）；

M_R ——抗弯计算强度（kN·m）；

V_R ——抗剪计算强度（kN）；

ϕ_f ——抗弯强度折减系数，混凝土湿接缝或环氧树脂接缝 取值 0.95；

ϕ_v ——抗剪强度折减系数，混凝土湿接缝或环氧树脂接缝时取值 0.90。

8.2.4 胶接缝正截面的抗裂性应满足下式要求：

$$K_f \sigma \leq \sigma_{pc} \quad (8.2.4)$$

式中： σ ——计算荷载在截面受拉边缘混凝土中产生的正应力（MPa）；

σ_{pc} ——扣除相应阶段预应力损失后受拉边缘混凝土的预压应力（MPa）；

K_f ——抗裂安全系数， $K_f=1.15$ 。

8.2.5 斜截面抗裂性应满足下列公式的要求：

$$\sigma_{tp} \leq f_{ct} \quad (8.2.5-1)$$

$$\text{主力组合: } \sigma_{cp} \leq 0.6f_c \quad (8.2.5-2)$$

$$\text{主+附组合: } \sigma_{cp} \leq 0.66f_c \quad (8.2.5-3)$$

式中: σ_{tp} ——按抗裂性计算主拉应力 (MPa);

σ_{cp} ——按抗裂性计算主压应力 (MPa);

f_{ct} ——混凝土抗拉极限强度 (MPa);

f_c ——混凝土抗压极限强度 (MPa)。

8.2.6 在运营荷载作用下, 扣除全部应力损失后的正截面混凝土最大压应力应满足下列公式的要求:

$$\text{主力组合: } \sigma_c \leq 0.5f_c \quad (8.2.6-1)$$

$$\text{主+附组合: } \sigma_c \leq 0.55f_c \quad (8.2.6-2)$$

式中: σ_c ——运营荷载及预应力钢筋有效预应力产生的正截面混凝土最大压应力 (MPa)。

8.2.7 运营荷载作用下, 扣除全部应力损失后正截面混凝土最小压应力应符合下式规定:

$$\text{主力组合: } \sigma_{ct} \leq -1.0 \text{ MPa} \quad (8.2.7-1)$$

$$\text{主+附组合: } \sigma_{ct} \leq -0.5 \text{ MPa} \quad (8.2.7-2)$$

8.2.8 运营荷载作用下, 预应力钢筋的拉应力应满足下式要求:

$$\sigma_p \leq 0.6f_{pk} \quad (8.2.8)$$

式中: σ_p ——预应力钢筋的应力 (MPa);

f_{pk} ——预应力钢筋抗拉强度标准值 (MPa)。

8.2.9 节段预制拼装桥梁结构变形计算时, 刚度应按 $0.95E_c I_0$ 计算。 E_c 为混凝土弹性模量 (MPa)。 I_0 为全部换算截面惯性矩 (m^4)。

8.2.10 施工阶段应按现行行业标准 TB 10092 的规定进行预制节段吊装、存放、运输、拼装和施加预应力、体系转换等计算。

8.2.11 当节段在吊装或运输时, 构件自重应乘以动力系数, 动力系数宜取 1.2。

8.2.12 施工阶段节段预制桥梁结构接缝处不应出现拉应力。当进行节段拼装时, 匹配面的混凝土压应力不得小于 0.3MPa。临时预应力筋应在结构永久预应力施工完成后拆除。

8.2.13 在预加应力过程中, 预应力钢筋锚下控制应力应满足下式要求:

$$\sigma_{con} \leq 0.75f_{pk} \quad (8.2.13)$$

式中: σ_{con} ——预应力钢筋在锚下的控制应力 (MPa)。

8.2.14 在预加应力传力锚固时, 预应力钢筋的应力应满足下式要求:

$$\sigma_p = \sigma_{com} - (\sigma_{L1} + \sigma_{L2} + \sigma_{L4}) \leq 0.65f_{pk} \quad (8.2.14)$$

式中: σ_{L1} ——预应力钢筋由于摩擦引起的应力损失 (MPa);

σ_{L2} ——预应力钢筋由于锚头变形、钢筋回缩和接缝压缩引起的应力损失 (MPa);

σ_{L4} ——预应力钢筋由于混凝土弹性压缩引起的应力损失 (MPa)。

8.2.15 在预加应力传力锚固时, 计入构件自重作用后, 混凝土压应力应满足下式要求:

$$\sigma_c \leq \alpha f'_c \quad (8.2.15)$$

式中： α ——系数，C50~C60 混凝土取 0.75，C40~C45 混凝土取 0.70；

f'_c ——预加应力传力锚固阶段混凝土的抗压强度（MPa）。

8.2.16 节段梁存梁支点、吊点、临时支承点应根据 TB 10092 进行强度及抗裂性检算。

8.2.17 当采用架桥机架梁时，应对架桥机通过的各种工况下桥梁结构进行强度、抗裂性及混凝土应力检算。强度及抗裂安全系数应符合现行行业标准 TB 10092 的规定。节段梁混凝土不应出现拉应力，最大压应力不应大于 $0.8f_c$ 。

8.3 预制节段拼装梁构造

8.3.1 预制节段宜按标准节段、过渡节段、墩顶节段分类。

8.3.2 预制节段纵向尺寸应计入吊装、存放、运输、拼装等因素。

8.3.3 预制节段拼装接缝应符合下列规定：

- 预制节段拼装接缝宜采用胶接缝。合龙接缝及非匹配预制的接缝，宜采用混凝土湿接缝。
- 当采用胶接缝时，接缝应密闭。接缝材料应采用环氧树脂胶黏剂，胶黏剂性能指标及试验方法应符合本标准表 2 的规定。
- 当采用混凝土湿接缝时，可采用普通混凝土或高性能混凝土。接缝混凝土强度等级不低于预制节段混凝土，且具有补偿收缩功能。
- 当采用混凝土湿接缝时，湿接缝宽度不应小于 20cm，应设置普通钢筋，并按规定进行可靠连接。

8.3.4 预制节段剪力键应采用多键系统，且应均匀布置。

8.3.5 腹板内的剪力键或剪力槽的横向宽度不宜小于腹板宽度的 75%（图 6a）；剪力键或剪力槽应在腹板全高度布置，布置范围宜为梁高的 75%（图 6b）。采用混凝土湿接缝的预制节段端面可不设剪力键。

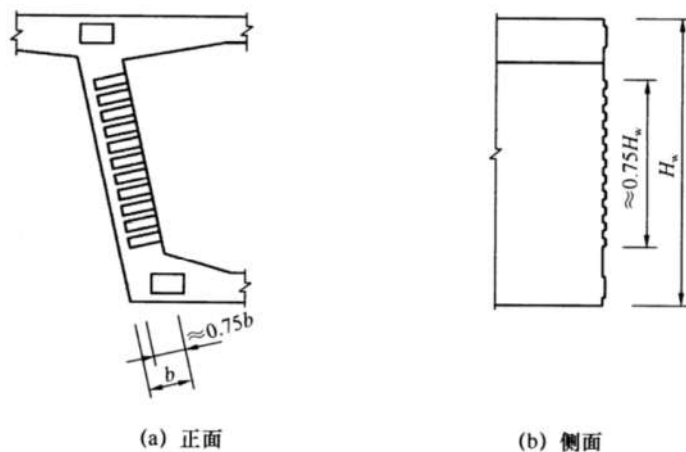


图 6 剪力键构造尺寸示意

H_w ——节段梁腹板高度； b ——腹板宽度

- 8.3.6 顶板和底板应设置剪力键，其横向宽度宜为腹板剪力键横向宽度的 2 倍；位于腹板与顶板和底板结合区的剪力键或剪力槽的尺寸，可根据该处实际尺寸选定。
- 8.3.7 剪力键宜采用倾角 45° 的梯形或圆角梯形截面。单个剪力键或剪力槽厚度与其高度之比宜为 1:2（图 7）。

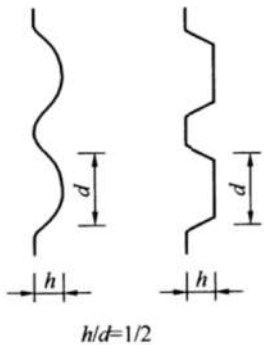


图 7 剪力键构造尺寸大样

d ——剪力键高度； h ——剪力键厚度

- 8.3.8 剪力键厚度不宜小于 2 倍最大骨料粒径和 32mm，且不宜大于 100mm。
- 8.3.9 腹板、顶板和底板剪力键布置应避开预应力管道，且单片腹板剪力键不宜少于 4 个。
- 8.3.10 预应力管道内径面积应符合现行行业标准 TB 10092 的规定，并应大于 2 倍预应力钢筋面积。
- 8.3.11 预应力筋或管道的净距及保护层厚度应符合下列规定：
- a) 在后张法结构中，采用钢丝束、钢绞线束、螺纹钢筋的管道间净距，当管道直径小于或等于 55mm 时，不应小于 40mm；当管道直径大于 55mm 时，不应小于 0.8 倍管道外径。
 - b) 预应力钢筋或管道表面与混凝土表面之间的保护层厚度，应符合《铁路混凝土耐久性规范》的规定。当采用后张预应力金属管时，金属管外缘在箱梁结构的顶板顶和腹板外侧面不应小于 1 倍管道外径，且不小于 50mm，在其余结构面不应小于 60mm。
- 8.3.12 预应力管道定位钢筋间距不应大于 500mm，位于曲线段的定位钢筋应加密布置。
- 8.3.13 预应力管道的设置应符合下列规定：
- a) 外形呈曲线形且布置有曲线预应力钢筋的构件，其曲线平面内外管道的最小混凝土保护层厚度应符合下列规定：
 - 1) 曲线平面内最小混凝土保护层厚度应满足下式要求：

$$C_{in} \geq \frac{5.547P_d}{r\sqrt{f'_c}} - \frac{d_s}{2} \tag{9.3.13-1}$$

式中： C_{in} ——曲线平面内最小混凝土保护层厚度（m）；

P_d ——预应力钢筋的张拉力设计值 (MN)，可扣除锚圈口摩擦、钢筋回缩及计算截面处管道摩擦损失后的张拉力乘以 1.2；

r ——预应力管道曲线半径 (m)；

d_s ——预应力管道外缘直径 (m)。

2) 当计算所需的曲线平面内混凝土保护层厚度大于 50mm 时，宜按本规程第 8.3.11 条规定设置最小混凝土保护层厚度，并应在管道曲线段弯曲平面内设置箍筋。

3) 截面内箍筋各肢的总截面面积应满足下式要求：

$$A_{sv} \geq \frac{1.8P_d s_v}{r f_s} \quad (8.3.13-2)$$

式中： A_{sv} ——同一截面内箍筋各肢总截面面积 (m^2)。

s_v ——箍筋间距 (m)；

f_s ——箍筋抗拉计算强度 (MPa)；

4) 曲线平面外最小混凝土保护层厚度应满足下式要求：

$$C_{out} \geq \frac{5.547P_d}{\pi r \sqrt{f'_c}} - \frac{d_s}{2} \quad (8.3.13-3)$$

式中： C_{out} ——曲线平面外最小混凝土保护层厚度 (m)。

b) 变高度节段梁在节段端部的底板预应力管道应设置局部加强钢筋。每根管道加强钢筋纵向不应少于 2 排，钢筋形式宜设置为 U 形或闭合形。

c) 当顶板和底板中设置密集的横向或纵向预应力管道时，上下两层非预应力钢筋间应设置竖向连接钢筋。竖向连接钢筋的直径不宜小于 12mm，其间距在各个方向不应超过 450mm 或 1.5 倍板厚的较小值。

8.3.14 预制节段端部体内预应力孔道口应设置密封构造。

8.3.15 预制节段应设置吊装点和临时预应力张拉构造。

8.3.16 进入孔、排水孔、通风孔的设置应符合现行行业标准 TB 10092 及本规程的规定。

8.3.17 桥面临时孔洞应封堵密实可靠。

8.3.18 混凝土箱梁的构造要求应符合下列规定：

- a) 箱梁应根据需要设置进入孔，进入孔宜设置在梁端或支点附近的底板上。
- b) 箱梁腹板应设置适当数量直径 100mm 的通风孔，底板设置直径 100mm 的排水孔。
- c) 对箱梁梁端倒角部位、吊点部位、顶板与梗肋交界部位、梁端底板、进入孔等部位在预加应力、存梁、运架梁等施工阶段满足局部应受力的要求，并在构造上应予以加强。
- d) 箱梁设计应考虑有砟轨道铺砟或无砟轨道铺设前等施工阶段及成桥后温度梯度的影响。
- e) 采用预制架设施工的箱梁应考虑运架设备的影响。

8.3.19 支座设计符合下列规定：

- a) 桥梁支座宜采用盆式橡胶支座或钢支座，支座底面应水平设置。沉降控制区段的桥梁，可采用可调高措施。
- b) 斜交梁支座的纵向位移方向应与梁轴线一致。
- c) 支座设置应满足检查、维修和更换的要求。
- d) 同一座桥梁中线路一侧的支座横向位移约束条件宜相同。

8.3.20 设置支座的墩台顶尺寸应考虑支座局部承压、主梁架设、支座维修及桥梁景观的需求。

8.3.21 桥梁设置性能良好的防、排水设施并符合下列规定：

- a) 桥面应设置连续、整体密封、耐久的防水层。
- b) 桥梁顶面宜设置不小于 2% 的横向排水坡；当采用桥面集中排水时，尚应设置不小于 3% 的纵向排水坡；梁端通过桥面防水保护层向排水口增设反坡。桥梁集中排水管宜接入市政排水管沟，当不具备接入条件时，应设置散排水等构造；桥梁排水设施还应满足城市水源等环保要求。
- c) 桥梁端部应设伸缩缝，伸缩缝除保证梁部能自由伸缩外，还应能有效防止桥面水渗漏、污染梁体和支座，并且应便于更换。
- d) 桥梁桥面排水管材及接头宜选用耐久、可靠的材料及构造。

9 接口设计

9.1 桥梁工程接口设计应根据桥梁结构形式、施工方法，结合需求专业要求综合考虑，协调衔接。

9.2 桥梁工程应积极采取系统综合减振降噪措施，满足环境的要求。

9.3 桥梁结构设计时应考虑轨道的要求和梁轨相互作用。

9.4 桥面的布置应符合下列规定：

- a) 桥面宽度应按照建筑限界、作业维修通道或人行道、电缆槽、接触网立柱、养护维修设备通行等要求确定。
- b) 桥上设置防护墙时，防护墙顶面不应低于相邻钢轨顶面。线路中心线至防护墙内侧净距应满足养护维修要求。
- c) 当桥面不设防护墙时，跨越铁路、重要公路、城市交通要道的城际铁路桥梁应在基本轨内侧设置护轨。护轨的设置应符合 TB 10623 的规定。
- d) 桥上栏杆在踏面以上的高度不宜小于 1.1m。

9.5 道岔区桥梁设计应符合下列规定：

- a) 道岔区桥梁的梁型选择及孔跨布置应满足道岔布置要求。应根据轨道专业岔心到梁缝最小距离确定梁缝设置位置及联长。
- b) 道岔区桥面宽度应满足信号机、转辙机等轨旁设备和接触网支柱的安装、使用及维护要

求。

c) 道岔区桥梁结构应满足道岔对结构的相对变形和变位要求。

d) 道岔区桥面排水方式、泄水孔设置应根据无砟轨道构造、底座板平面布置和梁宽等因素确定。

9.6 大跨度桥梁的桥上铺轨高程设计应考虑梁体预拱度的影响。

9.7 桥上应根据环保要求考虑声屏障基础设置条件。

9.8 桥梁设计应考虑设置接地装置的条件。

9.9 桥梁设计应根据需要设置电缆槽道、电缆上下桥设备、接触网支柱等设施的条件。电缆上下桥应符合下列规定：

a) 电缆上下桥位置应根据专业需求及桥梁墩台布置情况合理确定。

b) 电缆上下桥处，桥墩应设置电缆爬架安装槽道，梁端应预留锯齿孔。预留的槽道应满足防腐、阻燃和电缆爬架的安装、荷载等要求。

c) 电缆上下桥不得影响墩顶工务检查及维护作业。

9.10 桥隧、桥路接口段应统筹考虑排水、危岩落石防护和边坡防护等设计。

9.11 位于通航河道上的桥应设置必要的航标等设施。位于航空走廊附近的高大结构,结构顶应依据中国民用航空相关法规设置航空障碍灯。

9.12 桥梁应按照相关标准的规定设置结构变形及基础沉降观测装置。

9.13 新型或复杂结构桥梁宜设计桥梁健康监测系统。设置健康监测系统的桥梁，应根据供电电缆布设需要预留连接件。

9.14 城际铁路桥梁可根据需要设置救援疏散通道，救援疏散通道设计应符合下列规定：

a) 桥长超过 3km 时，结合地面道路条件，每隔 3km（单侧 6km）左右，在线路两侧交错设置一处可上下桥的救援疏散通道。设置位置应统筹考虑桥下维修通道及地面道路等因素。

b) 桥梁救援疏散通道应满足抗震设防的要求。

c) 桥上应设置疏散导向标志，救援疏散通道侧对应的桥上栏杆或声屏障位置应预留出口。

d) 应采取措施防止无关人员进入救援疏散通道。

9.15 城际铁路桥梁可利用桥下市政道路或专门设置的养护维修便道，采用自行走行升降式桥梁检修车进行检修作业。高度超过 20m、或跨河道的、或桥下无条件设置养护维修便道的有支座桥梁，应设置墩顶养护平台及从梁面（或箱梁内）下到墩顶养护平台的通道。

10 施工

10.1 一般规定

- 10.1.1 主梁节段应根据预制场地条件、设计要求、施工工艺等，确定采用短线法预制或长线法预制。
- 10.1.2 工厂生产的节段应设置包含构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等内容及符合信息化管理要求的标识。
- 10.1.3 应根据施工设备及工艺，对各施工工况下的桥梁上下部结构的安全性进行验算。
- 10.1.4 根据节段架设设备及施工工艺，应在下部结构和节段上设置满足精度要求的预埋件与预留孔，且应对预埋件与预留孔采取保护措施。
- 10.1.5 应制定包含节段预制及架设全过程在内的线形控制与精确测量方案。
- 10.1.6 短线法节段预制应根据理论六点坐标，按精密测量要求进行三维线形控制。

10.2 节段制造

- 10.2.1 节段制造前应核查轨道交通各专业的图纸，且应核实永久结构的预埋件类型及位置。
- 10.2.2 预制节段的制造宜采用模块化可调节式的钢模板系统。模板设计应符合现行行业标准《建筑工程大模板技术规程》JGJ74 的规定。内模宜采用液压折叠式整体模板。
- 10.2.3 模板的各部件承载力和刚度应满足节段外形尺寸控制要求，系统设计应拆装方便、易于清理，且应能循环使用。
- 10.2.4 长线法预制节段模板系统应符合下列规定：
- a) 长线法台座的底模应依据台座底模变形、设计预拱度设置底膜反拱。
 - b) 用于曲线节段预制的长线法台座在模板拼合部位应有补槽、嵌缝或密封措施。
- 10.2.5 短线法预制节段模板系统应符合下列规定：
- a) 底模下方应设置可移动台车，并应设置三维调节装置。
 - b) 每完成一块节段，应根据短线法节段三维线形控制结果，将该节段移动至匹配位置作为待浇节段端模，通过对该节段的调整形成桥梁线形并进行纠偏。
- 10.2.6 模板在加工完成后应经过单组试拼装和整体试拼装。模板进场后，模板单体验收和整体验收应按表 8 的规定进行。

表 8 模板单体验收和整体验收标准

序号	检验项目	允许偏差（mm）	检验频率	
			范围	点数
1	模板高度	±3	部件 每个	4

2	模板宽度	± 3		4
3	模板长度	$+5$ 0		4
4	面板平整度	2		6

10.2.7 混凝土浇筑前应进行模板安装质量验收，模板安装质量标准应符合表 9 的规定。

表 9 模板安装质量标准

序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验频率	
				范围	点数
1	相邻两板表面高低差		2	每个节段	4
2	表面平整度		2		4
3	垂直度		$H/1000$, 且 ≤ 3		4
4	模内尺寸	长度	0 -3		3
		宽度	$+3$ -2		2
		高度	0 -2		4
5	轴线偏移量		2		1
6	匹配节段定位	纵轴线	2		1
		高程	± 2		4

注：H 为节段梁的高度。

10.2.8 节段钢筋制作应符合下列规定：

- a) 节段制造钢筋宜制成钢筋骨架整体放入模板；
- b) 当钢筋笼骨架进行整体吊运时，骨架应水平、稳定、不变形；
- c) 钢筋制作质量标准应符合表 10 的规定。

表 10 钢筋制作质量标准

序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验频率	
				范围	点数
1	受力钢筋间距	两排以上钢筋间距	± 5	每个钢筋骨架	4
		同排钢筋间距	± 5		4
2	箍筋、横向水平筋间距		± 10		4

3	钢筋骨架尺寸	长度	±5		3
		宽度	+5 0		2
		高度	±5		4
4	弯起钢筋位置		±10		4
5	保护层厚度		±3		6

10.2.9 节段制作的预置件埋设应符合下列规定：

1 预应力管道可采用抽拔管成孔或预埋管的形式。管道定位钢筋宜采用钢筋环箍与普通钢筋连接的形式。

2 预置件质量标准应符合表 11 的规定。

表 11 预置件质量标准

序号	检验项目			允许偏差 (mm)	检验频率	
					范围	点数
1	预 埋 件	支座板、锚垫板 等预埋钢板	位置	10	每个 预埋件	1
			平面高差	5		1
		螺栓、锚筋等	位置	5		1
			外露尺寸	+10 0		1
2	吊孔		位置	5	每个 预留孔洞	1
3	预应力管道		位置	节段端部 ±5		1
			管径	+3 0		1

10.2.10 模板宜采用钢模板，应与预制台座匹配。钢模板系统宜委托专业厂家设计、制造。

10.2.11 模板系统包括固定端模、侧模、底模及内模，模板系统及其支撑的强度、刚度和稳定性应满足节段预制的要求外，还应符合下列规定：

- a) 固定端模安装应牢固，须保持竖向垂直并与预制单元中线成 90°，端模上缘宜保持水平，匹配节段移出就位时应根据预制线形精确定位，待浇梁段侧模、底模及内模均应符合预制线形要求；
- b) 底模应水平安置并与固定端模下缘良好闭合；
- c) 外侧模应与固定端模紧密结合，无漏浆；

- d) 内模宜安装在可移动的台车支架上，且具有调整功能；
 - e) 匹配节段应具有可靠精确的空间调位装置；
 - f) 模板应与匹配节段连接紧密、无漏浆，并应满足反复使用的质量要求。
- 10.2.12 节段混凝土浇筑应满足如下规定：
- a) 混凝土下料要均匀、匀速，防止混凝土对预埋管件造成过大的冲击。
 - b) 按照从底板-腹板-顶板的顺序，分层进行浇筑。
 - c) 浇筑过程中严格控制混凝土的坍落度，分层间隔浇筑时间，不应超过混凝土的初凝时间，且不应有色差或冷缝。
 - d) 夏季施工避开温度较高时段浇筑混凝土，宜在晚间或凉爽时段进行混凝土浇筑，混凝土入模温度不超过 30℃；冬季施工混凝土入模前，应测定温度、坍落度、含气量及泌水率等性能，混凝土入模温度应不低于 5℃。
- 10.2.13 节段匹配面上使用的隔离剂应对混凝土无害且易于清洗，不应因残留隔离剂影响拼装接缝粘结剂的粘结性能。
- 10.2.14 侧模与底模上宜设置附着式振捣器。当采用插入式振捣器时，应避免碰及预应力管道、剪力键模板、匹配节段的剪力键以及各类预埋件。
- 10.2.15 预制节段拆模时混凝土最小抗压强度应为 22MPa，节段吊离台座时混凝土最小抗压强度应为 26MPa。
- 10.2.16 当采用喷淋养护时，宜对预留的预应力孔道口进行防护。
- 10.2.17 同一跨内的节段龄期差不宜超过 30d。张拉永久预应力的龄期应以一跨内龄期最短的节段进行控制。
- 10.2.18 节段在预制场地内存放应符合下列规定：
- e) 存放场地应平整、排水畅通，地基应满足承载力和稳定性的要求。
 - f) 临时支座应与存放节段的底表面吻合，且临时支座与节段底表面间应设缓冲层。
 - g) 宜在节段的内表面设置有效的编号和浇筑日期标识。
 - h) 多层堆放节段的支点位置设置应符合结构安全的要求。
 - i) 节段出场外观质量标准应符合表 12 的规定。

表 12 节段出场外观质量标准

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验频率	
			范围	点数
1	混凝土抗压强度	在合格标准内	每个节段	-
2	顶部表面平整度	5		4
3	长度	0 -2		3

4	断面尺寸	宽度	+5 0		2
		高度	±5		2
		壁厚	+5 0		8
5	剪力键	位置	2	每个 剪力键	1
		平面高差	2		1

10.3 节段运输

- 10.3.1 当运输节段时，应根据节段重量和尺寸选择能满足道路运输条件的运输设备。
- 10.3.2 节段运输前，应对运输线路的坡道、桥梁、架空线路、交通量、道路交叉口转弯半径、空中障碍物等进行勘察。
- 10.3.3 运输节段的车辆应安装警示灯，并应悬挂警示标志。
- 10.3.4 运输工具的载货平台上应设置节段的临时支点，节段应安放平稳。载货平台上应采取限制节段纵横向移动的措施。横向限位装置宜设置在节段的腹板外侧。

10.4 节段架设

- 10.4.1 拼装施工使用的起吊设备应具有足够的起吊能力和稳定性，走行及吊梁时的抗倾覆稳定系数不应小于 1.5。设备自重应满足设计要求，使用前应进行走行及起吊试验。
- 10.4.2 预制梁段在拼装前应进行全面检查，梁段的外形尺寸、接缝面平整度应符合设计要求，控制梁段拼装中线、高程的标线及标点数据应符合施工工艺要求。
- 10.4.3 悬拼梁段应对称、平衡进行施工，不平衡偏差不应大于设计允许数值。
- 10.4.4 预制节段提升及悬挂应符合下列规定：
- a) 节段的提升应匀速；
 - b) 悬挂状态下的节段之间应设置防止碰撞的垫块；
 - c) 当采用上行式架桥机施工时，应验算节段永久预应力张拉后吊杆内力重分布工况，并根据工况验算结果设定吊杆的安全系数。
- 10.4.5 节段拼接施工应符合下列规定：
- a) 节段拼接过程中，应逐段控制和复核节段梁的轴线和高程，并应符合设计线形的要求。
 - b) 下行式架桥机应采取抵抗支承面倾斜时节段对支承系统产生水平分力的措施。
 - c) 节段拼装过程不应采用增设垫片的方式进行线形调节。
- 10.4.6 节段胶接缝施工应符合下列规定：

- a) 粘结剂应采用机械拌和。粘结剂应涂抹均匀，并应覆盖整个匹配面，涂抹厚度宜为 3mm。
 - b) 当涂抹粘结剂时，应采取对预应力孔道口进行防护的措施。
 - c) 在施加临时预应力后，粘结剂应能在全断面均匀挤出。
- 10.4.7 节段拼装临时预应力应符合下列规定：
- a) 应均匀布置临时预应力；
 - b) 临时预应力的张拉力应符合设计要求；
 - c) 临时预应力钢筋应满足反复多次张拉的作业要求。
- 10.4.8 永久预应力的施工应符合下列规定：
- a) 当后穿的预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，宜预先编束并整束穿入孔道内。
 - b) 应对成品体外预应力筋采取保护措施。
 - c) 在张拉纵向永久预应力前，节段梁混凝土指标应符合设计要求。当设计无要求时，混凝土龄期不应小于 28d，且混凝土应符合设计强度的要求。
- 10.4.9 后张预应力孔道的压浆应符合下列规定：
- a) 宜采用预拌压浆料或压浆剂配制的浆液进行压浆。
 - b) 压浆料应采用高效减水剂，且应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 对高效减水剂一等品的规定，其减水率不应小于 20%。
 - c) 用于浆液拌制的搅拌机的转速不应低于 1000r/min，其叶片的线速度不宜小于 10m/s，最高线速度宜限制在 20m/s 以内。
 - d) 用于临时存储浆液的容器宜具有搅拌功能，且应设置网格尺寸不大于 3mm 的过滤网。
 - e) 当采用真空辅助压浆工艺时，应在压浆前对孔道进行抽真空，且真空度宜稳定在 -0.10MPa~-0.06MPa。当真空度稳定后，应立即开启孔道压端的阀门，并应同时启动压浆设备进行连续压浆。
- 10.4.10 施工临时支座的安全系数不应小于 2.0。
- 10.4.11 单跨桥的节段拼装质量标准应符合表 13 的规定。

表 13 单跨桥节段拼装质量标准

序号	检查项目	允许值或允许偏差(mm)	检验方法
1	每跨梁中轴线偏位	5	用经纬仪检查，每跨 5 处
2	相邻跨轴线偏差	3	用经纬仪检查
3	每跨梁长	-20， +10	用 30m 或 50m 钢尺量，每跨 3 处
4	整梁顶面高程（支座处）	±5	用水准仪检查，每处 2 点
5	节段间连接缝高差（顶、侧、底面）	3	用直尺量，每跨随机抽查 3 条接缝，每面 2 处

6	合拢段立面高差	±15	用水准仪检查，每处 2 点
7	0 号块定位偏差	同向±2	用经纬仪、水准仪检查，每片梁 8 点

10.4.12 悬臂拼装预应力混凝土连续梁允许偏差和检验方法应符合表 14 的规定。

表 14 悬臂拼装预应力连续梁允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差(mm)	检验方法
1	高程	20	测量
2	中线	15	
3	相邻两墩悬臂端相对高差	20	
4	拼接处相邻梁段高差	3	
5	相邻梁段中线偏差	3	

检查数量：施工单位全部检查。

10.4.13 在进行悬臂拼装作业时，桥墩两侧的节段应对称提升，且桥墩两侧应平衡受力。

10.4.14 当节段提升、拼接作业采用桥面吊机或桥面提升架时，提升设备与节段的重量比不宜大于 0.4，且提升设备在提升、拼接、行走时的抗倾覆安全系数、自锚固系统的安全系数均不应小于 2。

10.4.15 架桥机或其他起重拼装设备应满足施工所需的起重能力、跨越能力、弯桥施工时的偏转能力、架桥机整体和局部的承载能力及稳定性的要求。

10.4.16 架桥机等架设设备应经过检查、验收、试吊签证，符合《架桥通用技术条件》GB/T26470-2011、《架桥机安全规程》GB/T26469-2011 或其他相关规定的要求。所有运载工具、走行道路、提升吊架、支承托架等，均必须经过重载试验，并有签证记录。

10.4.17 拼接施工的架桥机，在安装和调试完成后，应进行荷载试验，并应符合下列规定：

- a) 逐跨拼装架桥机应悬挂不小于整跨最大架设重量 1.1 倍的荷载。
- b) 提升单个节段的起吊设备，应分别进行 1.25 倍设计荷载的静荷试验，且荷载应平稳无冲击地加载。还应进行 1.1 倍设计荷载的动荷起吊试验。

10.5 节段线形控制与精确测量

10.5.1 应制定包含节段预制及架设全过程在内的线控、测量方案。

10.5.2 预制阶段线形控制包括节段划分线修正与总体坐标计算、预制预拱度计算、预制纠偏：

- a) 根据设计文件要求与施工方案计算节段划分线的总体坐标；
- b) 依据实际材料参数、环境影响和架设条件等因素计算节段梁预拱度，考虑结构竖向、纵

向、横向和扭转等三维空间的变形；

- c) 将节段总体坐标转换为预制台座局部坐标，预制过程中根据现场采集的测量数据分析预制误差并在下一节段预制时予以消除。

10.5.3 短线法节段预制线形控制宜采用三维数据联动方法计算，不宜采用平面、立面分别计算的方法。当桥梁平面曲线小于 250 米半径时，应采用三维数据联动方法计算。

10.5.4 节段预制场地内应建立导线控制网和水准控制网，应设置测量塔和固定水准点。测量控制点应远离热源和振动源，并应配备备用的测量控制点。节段预制阶段精确测量内容包括高程、坐标、梁长等，精确测量所采用的设备满足以下要求：

- a) 全站仪角度精度要求为 $1''$ ，测距精度要求为 $1\text{ mm}+10^{-6}\text{ mm}$ ；
- b) 水准仪高程精度宜采用 DS05 级水准要求，即 0.5 mm/km ；
- c) 钢卷尺及钢尺精度要求为 1 mm 。

10.5.5 精确测量数据采集时需采集预制节段及匹配节段预埋测点的坐标及高程。

10.5.6 节段拼装阶段的线形精确测量应建立基准网，采用的平面坐标系统和高程系统可与施工采用的系统一致。若条件受限无法建立基准网，采用独立坐标测量时，应考虑结构整体变形对桥梁线形控制的影响。

10.5.7 线形控制单位应在架设阶段提供架设坐标、节段梁架设过程变形、架设线形预测与纠偏。

10.5.8 节段拼装架设阶段线形精确测量内容应包括节段平面坐标与高程。

10.5.9 节段拼装阶段线形精确测量所采用的设备满足以下要求：

- a) 全站仪角度精度要求为 $1''$ ，测距精度要求为 $1\text{ mm}+10^{-6}\text{ mm}$ ；
- b) 水准仪高程精度宜采用 DS05 级水准要求，即 0.5 mm/km 。

10.5.10 节段拼装阶段线形监测断面与测点布置遵守以下要求：

- a) 墩台沉降监测断面宜布置于墩台顶面，宜不少于 4 个监测点；
- b) 墩顶段现浇施工时应选择现浇段悬臂端部作为立模控制断面，测点布置应满足断面尺寸控制需要；
- c) 节段拼装坐标监测点应采用预制阶段埋设的控制点。

10.5.11 节段拼装阶段线形监测频率遵守以下要求：

- a) 墩台沉降宜根据墩台受荷变化确定监测频次，逐跨拼装可选择整跨节段起吊前后各监测 1 次，悬臂拼装可选择拼装 3 个~5 个节段监测 1 次，长时间承受荷载无显著变化时，可根据工程需要，每月或每季度相对固定时间监测 1 次；
- b) 墩顶段现浇段监测应在立模阶段及浇筑完成后各测量 1 次；
- c) 首拼节段施工时，节段空间坐标宜分别在节段定位后、节段锁定后、节段施工完成后各测量 1 次，测试范围为当前节段。
- d) 逐跨拼装时，节段空间坐标应在每个节段临时预应力张拉完成后测量 1 次，测试范围为当前节段；主梁高程宜在整跨全部节段胶拼完成后、预应力束张拉后、临时吊杆拆除后 各

测量 1 次，测量范围为当前跨全部主梁测量断面，主梁轴线监测应在整跨拼装完成后测量 1 次，测量范围为当前跨全部主梁测量断面。

e) 悬臂拼装时，节段空间坐标宜分别在每个节段胶拼后及预应力张拉后各测量 1 次，测量范围为当前节段；主梁高程在节段拼装施工过程中宜分别在胶拼后、预应力束张拉后各测量 1 次，测量范围为当前节段及相邻至少 2 个节段；主梁高程、主梁轴线宜在合龙的、后各测量 1 次，测量范围为全桥主梁测量断面。

f) 主梁成桥高程应在桥面铺装完成后测量 1 次，测量范围为全桥主梁测量断面。

g) 施工过程中若由于一些原因，某施工工序拖延时间较长，宜在下道工序开展前对上道工序线形进行复测。

h) 为尽量:避免外界环境对线形观测结果的影响，线形观测需要尽量选择在环境温度场相对均匀、外界风速较小的天气下测量，避开太阳直射及大风天气；同时，一段时间内每天的测量宜尽量选择在环境温度场温度接近的时机进行。

10.5.12 线形基准点复核与联测遵守以下要求：

- a) 上部主梁结构开始施工前，应对线形基准点进行联合测量；
- b) 悬臂拼装桥梁全桥跨由于节段安装施工持续时间较长，宜每月对基准点进行复核测量；
- c) 悬臂拼装施工合龙前 2 个~3 个节段，宜对基准点及主梁悬臂节段前端高程进行联合测量。

11 验收

11.1 一般规定

11.1.1 节段预制与架设工程应按下列规定进行施工质量控制：

- a) 工程采用的主要材料、构配件和设备，施工单位应对其外观、规格、型号和质量证明文件等进行验收，并经监理工程师检查认可；凡涉及结构安全和使用功能的，施工单位应进行检验，监理单位应按规定进行平行检验或见证取样检测；
- b) 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，施工单位应进行检查，并形成记录；
- c) 工序之间应进行交接检验，上道工序应满足下道工序的施工条件和技术要求，工序之间的交接检验应经监理工程师检查认可，未经检查或经检查不合格的不得进行下道工序施工。

11.1.2 节段预制与架设工程施工质量应按下列要求进行验收：

- a) 工程施工质量应符合本标准和现行《铁路桥涵工程施工质量验收标准》(TB 10415-2018)、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》(TB 10424-2018)的有关规定；
- b) 工程施工质量应符合工程勘察、设计文件的要求；
- c) 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；各种检查记录签证人员应报建设

单位确认、备案；

- d) 工程施工质量的验收均应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行；
- e) 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件；桥梁验收时，勘察设计单位应派人参加；
- f) 涉及结构安全的试块、试件和现场检验项目，监理单位应按规定进行平行检验、见证取样检测或见证检测；
- g) 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；
- h) 对涉及结构安全和使用功能的分部工程应进行抽样检测。其中桥梁梁部应采用同条件养护试件检测，检测项目和频次按有关规定执行；
- i) 承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应的资质；
- j) 单位工程的综合质量（包括观感质量）应由验收人员通过现场检查共同确认。

11.1.3 模板及支架、钢筋、混凝土、预应力和支座的施工应符合设计要求和 TB 10424《铁路混凝土工程施工质量验收标准》等相关标准的规定。

11.1.4 混凝土浇筑前的钢筋检查、预应力张拉值和伸长值、管道压浆压力值应留存影像资料。

11.1.5 监理单位应对梁段混凝土的浇筑、预应力筋张拉、预应力管道压浆进行旁站。

11.2 工程施工质量验收单元的划分

11.2.1 节段预制与架设工程施工质量验收单元划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批。

11.2.2 单位工程应按一个完整工程或一个相当规模的施工范围划分，本工程原则上按照每一标段为一单位工程。

11.2.3 分部工程应按一个完整部位或主要结构及施工阶段划分。

11.2.4 分项工程应按工种、工序、材料、施工工艺等划分。

11.2.5 检验批可根据施工及质量控制和验收需要按施工段或部位等划分。

11.2.6 桥梁工程的分部工程、分项工程、检验批划分和检验项目应符合表 15 的规定。

表 15 桥梁工程分项工程、分部工程、检验批划分和检验项目

分部工程		分项工程	检验批	检验项目条文号	
类别	名称			主控项目	一般项目
梁部	后张法预应力混凝土节段箱梁预制	模 板	每片梁	11.4.6	11.4.7-11.4.9
		钢 筋	每片梁	11.4.10-11.4.11	11.4.12-11.4.13
		混凝土	每片梁	11.4.14-11.4.18	11.4.19-11.4.22

		预应力	每孔梁	11.4.23-11.4.26	11.4.27
	预制预应力混凝土节段箱梁架设	架 梁	每孔梁	11.5.4-11.5.13	11.5.14-11.5.16

11.3 工程施工质量验收

11.3.1 检验批的质量验收应包括如下内容：

- a) 实物检查，按下列方式进行：
 - 1) 对原材料、构配件和设备等的检验，应按进场的批次和本标准规定的抽样检验方案执行；
 - 2) 对混凝土强度等，应按国家现行有关标准和本标准规定的抽样检验方案执行；对本标准中采用计数检验的项目，按抽查总点数的合格点率进行检查。
- b) 资料检查，包括原材料、构配件和设备等的质量证明文件（质量合格证、规格、型号及性能检测报告等）和检验报告、施工过程中重要工序的自检和交接检验记录、平行检验报告、见证取样检测报告和隐蔽工程验收记录等。

11.3.2 检验批合格质量应符合下列规定：

- a) 主控项目的质量经抽样检验全部合格；
- b) 一般项目的质量经抽样检验全部合格；其中，有允许偏差的抽查点，除有专门要求外，80%及以上的抽查点应控制在规定允许偏差内，最大偏差不得大于规定允许偏差的 1.5 倍。
- c) 具有完整的施工操作依据、质量检查记录。

11.3.3 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 分项工程所含的检验批均应符合合格质量的规定；
- b) 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整。

11.3.4 分部工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 分部工程所含分项工程的质量均应验收合格；
- b) 质量控制资料应完整；
- c) 梁部结构等分部工程中有关安全及功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定。

11.3.5 当检验批质量不符合要求时，应按以下规定进行处理：

- a) 经返工重做的或更换构配件、设备的检验批，应重新进行验收；
- b) 当检验批的试块、试件强度和耐久性等指标不能满足要求时，经有资质的法定检测单位检测鉴定，能够达到设计要求的检验批，应予以验收。

11.3.6 通过返修或加固处理仍不能满足安全和使用功能要求的分部工程，严禁验收。

11.4 节段预制施工质量验收

11.4.1 模板、钢筋、混凝土和预应力的施工应符合现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》（TB 10424-2018）的有关规定。

11.4.2 制梁台座和存梁台座应有施工工艺设计，其强度、刚度及稳定性，应能满足施工各阶段施工荷载的要求和施工工艺要求。

11.4.3 架（移）梁设备和吊（顶）具应具有足够的强度、刚度和稳定性，能满足架（移）梁荷载要求。并应在工地进行静动载试验、试运转和验收，做好记录。未经验收合格的架（移）梁设备和吊（顶）具，不得进行架（移）梁作业。

11.4.4 预施应力使用的预应力筋张拉设备及仪表应符合下列要求：

- a) 张拉千斤顶额定吨位宜为张拉力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍。使用前必须进行校正，校正系数不得大于 1.05。校正有效期为一个月且不超过 200 次张拉作业。张拉千斤顶的行程应满足张拉工艺的要求；
- b) 压力表应为防振型，最大读数应为张拉力对应压力值的 1.5~2.0 倍。精度不应低于 1.0 级。首次使用前必须经计量部门检定。使用时必须定期检定。检定有效期为一周。当使用 0.4 级时，检定有效期可为一个月；
- c) 油泵的额定压力应为张拉力对应压力值的 1.5 倍。油箱容量宜为张拉千斤顶总输油量的 1.5 倍；
- d) 张拉千斤顶、压力表和油泵等应配套校正、配套使用。当在使用过程中出现异常现象，应重新校正。

11.4.5 孔道摩阻和锚口摩阻应通过试验确定。

模板

主控项目

11.4.6 模板安装和拆除的检验必须符合铁道部现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》（TB 10424-2018）第 4.2.1 条、第 4.2.2 条、第 4.3.1 条有关规定及设计要求。

一般项目

11.4.7 模板安装和拆除的检验应符合现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》（TB 10424-2018）第 4.3.2 条的规定。

11.4.8 模板上预埋件和预留孔洞允许偏差和拆除时混凝土保护的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 4.2.4 条和第 4.3.2 条的规定。

11.4.9 模板尺寸的允许偏差应符合第 10.2.6 条的规定，在进行下一个节段浇筑前，应由监理确认模板与匹配梁定位要求，允许偏差应符合第 10.2.7 条的规定。

钢 筋

主控项目

11.4.10 钢筋原材料质量应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 5.2.1 条～第 5.2.5 条的规定。

11.4.11 钢筋加工、连接和安装的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 5.3.1 条、第 5.3.2 条、第 5.4.1 条～第 5.4.3 条和第 5.5.1 条～第 5.5.3 条的规定。

一般项目

11.4.12 钢筋原材料表面质量和加工安装许偏差的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 5.2.6 条和第 5.3.3 条的规定。

11.4.13 钢筋安装允许偏差和检验方法应符合第 10.2.8 的规定。

混 凝 土

主控项目

11.4.14 混凝土原材料、配合比设计和拌和应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 6.2 节、第 6.3 节和第 6.4.1 条的规定。

11.4.15 混凝土施工的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 6.4.2 条～第 6.4.11 条和第 6.4.14 条的规定。

11.4.16 预制梁段施工应使相邻梁段混凝土匹配浇筑，接缝面应设置隔离层；起吊梁段的吊点应位置准确。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和用刻度放大镜检查。

11.4.17 梁体混凝土，采用蒸汽养护当设计无特殊要求时，应分为静停、升温、恒温 and 降温四个阶段。温度控制除有特殊规定外，必须符合下列规定：

- a) 静停时间不少于 2 小时；
- b) 升温速度不得大于每小时 10℃；
- c) 恒温温度应控制在 50℃以下。恒温时间应通过试验确定；
- d) 降温速度不得大于每小时 10℃；
- e) 梁体周围各部位养护温度差不得大于 10℃；
- f) 拆模时梁体表面温度与环境温度之差不得大于 15℃。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查测温记录和用温度计检查。

11.4.18 梁体端边墙、隔板、封端等处的表面裂纹宽度不得大于 0.2mm。梁体其它部位不得出现裂纹（梁体表面收缩裂纹除外）。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和用刻度放大镜检查。

一般项目

11.4.19 混凝土施工的检验应符合现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》（TB 10424-2018）第 6.4.4～6.4.6 条的规定。

- a) 节段匹配面上使用的隔离剂应对混凝土无害且易于清洗，不应因残留隔离剂影响拼装接缝粘结剂的粘结性能。
- b) 应根据节段的形状、模板的构造选择浇筑顺序和振捣设备。
- c) 预制节段拆模与吊离台座时混凝土最小抗压强度应满足设计文件要求。
- d) 同一跨内的节段龄期差不宜超过 30 天。张拉永久预应力的龄期应以一跨内龄期最短的节段进行控制。

11.4.20 混凝土节段箱梁外形尺寸允许偏差和检验方法应符合第 10.2.18 条的规定。

11.4.21 梁体的预埋件质量评定应符合本标准第 10.2.9 条的规定：

11.4.22 梁体的表面质量评定标准应符合表 16 的规定：

表 16 箱梁外观质量和检验方法

序号	项 目			允许值（mm）	检验方法
1	梁体	腹板及底板底面垂直预应力方向的裂纹		不允许	目测
		桥面、端隔墙等处的裂纹		≤0.2	刻度放大镜
2	桥面板	钢筋混凝土结构	正常受力状态下的裂缝	≤0.2	刻度放大镜 或专用仪器
			施工荷载下的裂缝	≤0.24	刻度放大镜 或专用仪器
3	蜂窝麻面	深度		≧5	直接测量
		长度		≧10	
		长度		≧30	
4	露筋			不允许	目测
5	颜色偏差			不允许	目测
6	剪力键破坏			不允许	目测
7	气泡			不允许	目测

IV 预 应 力

主控项目

11.4.23 预应力原材料质量应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 7.2.1 条～第 7.2.7 条的规定。

11.4.24 预应力筋制作和安装、张拉、压浆、封锚（端）的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 7.3.1 条、第 7.3.2 条、第 7.4.1～第 7.4.5 条和第 7.5.1 条～第 7.5.3 条的规定。

11.4.25 预应力筋张拉时间、张拉方法和张拉顺序应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。施工单位进行混凝土强度和弹性模量试验；监理单位检查试验报告、施工记录。

11.4.26 梁段预应力筋终张拉完毕后应在 48h 内完成管道压浆。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、检查施工记录。

一般项目

11.4.27 预应力筋表面质量、孔道位置和张拉端内缩量允许偏差的检验应符合 TB 10424-2018《铁路混凝土工程施工质量验收标准》第 7.3.3 条、第 7.3.4 条、第 7.4.6 条的规定。

11.5 节段架设施工质量验收

11.5.1 预应力混凝土节段箱梁出厂应具有技术合格证明书，产品质量应符合有关技术条件的规定。

11.5.2 架梁前应具有墩台施工竣工资料，并由架梁单位复核。

11.5.3 所有吊具、扁担梁均应经过检查、重载试验。梁上吊孔尺寸、位置及预埋件、钢筋布置、运输支点的位置等，均应满足设计要求。梁上开孔用后应予填满。

架 梁

主控项目

11.5.4 梁体质量必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查技术合格证明书和对外观进行检查。

11.5.5 墩台平面坐标、立面高程应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位测量。监理单位检查测量记录或见证。

11.5.6 梁存放和运输支点位置应符合设计要求。且支点应位于同一平面上，箱梁同一端支点相对高差不应大于 2mm。架设时吊点位置应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量和水平仪测量。

11.5.7 节段梁拼装定位评定应符合本标准第 10.4.11 条、第 10.4.12 条的规定。

11.5.8 当悬臂拼装时，梁段应在桥墩两侧对称、平衡拼装施工，两侧不平衡重偏差不应大于设计允许值。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：计算、观察。

11.5.9 拼装梁段胶接缝的胶粘剂种类、性能、质量等应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和检查试验资料。

11.5.10 拼装梁段胶接材料的配合比例应符合设计要求，稠度和固化时间应符合施工工艺要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察，检查配合比试验记录。

11.5.11 拼装梁段胶接材料进场时，施工单位应会同监理人员对其品种、级别、批号、包装、中文标志、产品合格证、出厂日期、出厂检验报告等进行检查。

检验数量：按进场批次，每批号见证取样 3 件，每件每组分称取 500g，并按相同组分予以混匀后送独立检验机构复检。检验时，每一项目每批次的样品制作一组试件。

检验方法：在确认产品批号、包装及中文标志完整的前提下，检查产品合格证、出厂日期、出厂检验报告、进场见证复验报告，以及抗冲击剥离试件破坏后的残件。

11.5.12 拼装梁段的接缝面处理、接缝宽度和拼装方法应符合设计文件和施工工艺要求。接缝面无尘土、无油脂污染，涂胶粘剂前保持干燥状态。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

11.5.13 合龙段施工及体系转换应符合设计和施工工艺要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、监控。

一般项目

11.5.14 节段梁外观质量

节段间胶合情况外观检查，固化后的颜色与梁体砼颜色基本一致，砼表面干净，每整缝均粘结剂密实。用目测检查所有缝。

11.5.15 梁体裂纹

质量标准：原则上不允许出现结构裂纹。

检查方法：用 10-20 倍放大镜观察裂纹情况。

11.5.16 梁体架设后应梁体稳固，梁缝均匀，梁体无损伤。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

附录 A （规范性附录）环氧树脂胶粘剂可施胶时间与可粘结时间的测定方法

A.1 仪器、设备

A.1.1 可施胶时间与可粘结时间测定试验适用的仪器、设备应包括：

- a) 电动搅拌机；
- b) 温度测量仪器；
- c) 附录 C 抗拉弯试验所需的仪器设备。

A.1.2 电动搅拌机应符合下列规定：

- a) 宜使用带有混合转子的 350W、400rpm 手提电钻；
- b) 电动搅拌机转速不得超过 400rpm。

A.2 试验步骤

A.2.1 双组份环氧树脂胶粘剂的拌和应符合下列规定：

- a) 应使用电动搅拌机将 A 组分在包装桶中充分搅动 10s 或直至搅拌均匀，停止搅拌。
- b) 应按配合比往 A 组分包装桶中加入 B 组分，继续搅拌。当混合物颜色呈均匀的灰色时应停止搅拌。搅拌时间不得超过 3min。

A.2.2 可施胶时间测定的步骤应符合下列规定：

- a) 在用电动搅拌机混合搅拌结束后，应将温度测量仪器（温度计或热电偶）插入在混合物的中心并启动秒表。从开始混合到混合物达到计时终止温度之前的时间即为可施胶时间。
- b) 快速和中速反应的型号粘合剂计时终止温度应为 40°C，慢速反应的型号粘合剂计时终止温度应为 60°C。

A.2.3 可粘结时间测定的步骤应符合下列规定：

- a) 混凝土试件为 50mm×50mm×100mm（图 A.2.3）的混凝土棱柱，混凝土抗压强度应同节段本体混凝土，且不应小于 40MPa。在混凝土棱柱的端面应进行喷砂处理或气动凿毛处理，除去脱模剂、水泥浮浆等物质。

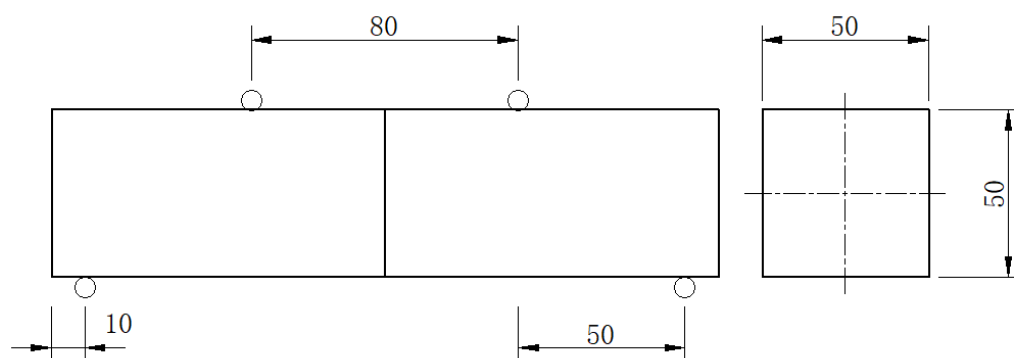


图 A.2.3 抗拉弯试验示意图（单位：mm）

- b) 将按 A. 2. 1 要求拌和后的胶粘剂涂敷在混凝土棱柱粘接面上，单面涂敷，厚度应为 3mm。
- c) 从搅拌胶粘剂开始，应在 10min 内将其涂敷在粘接面上。在不同的时间间隔内，如 30min、45min、50min、55min、60min、65min 和 70min，将两个混凝土棱柱按压在一起，应施加 0. 2MPa 压应力至其固化，并在 2d 后进行拉弯曲试验。
- d) 每一项目每批次的样品制作一组试件，每组试件数量不应少于 5 个。
- e) 抗拉弯曲试验应按本规范附录 C 执行。
- f) 抗拉弯曲试验破坏面应发生在混凝土棱柱本体内的试件，方为合格，其拼接时间即为可施胶时间。

附录 B（规范性附录）环氧树脂胶粘剂抗剪强度测定方法

B.1 仪器、设备

B.1.1 适用的仪器、设备应包括：

- 1 电动搅拌机；
- 2 75mm×75mm×150mm 矩形钢模；
- 3 现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567 压缩试验所需的仪器设备。

B.1.2 电动搅拌机应符合下列规定：

- 1 宜使用带有混合转子的 350W、400rpm 手提电钻；
- 2 电动搅拌机转速不得超过 400rpm。

B.2 试样制作

B.2.1 双组份环氧树脂胶粘剂的拌和应符合下列规定：

- a) 应使用电动搅拌机将 A 组分在包装桶中充分搅动 10s 或直至搅拌均匀，停止搅拌。
- b) 应按配合比往 A 组分包装桶中加入 B 组分，继续搅拌。当混合物颜色呈均匀的灰色时应停止搅拌。搅拌时间不得超过 3min。

B.2.2 试样制作应符合下列规定：

- a) 倾斜混凝土棱柱体的总尺寸应为 75mm×75mm×150mm（图 B.2.2）；试件混凝土强度不应低于预制节段混凝土构件。制作时，矩形钢模内与垂直面成 30° 角的倾斜面可设置一钢隔板，也可用金刚锯将一个完整尺寸的棱柱体锯成两个试件。

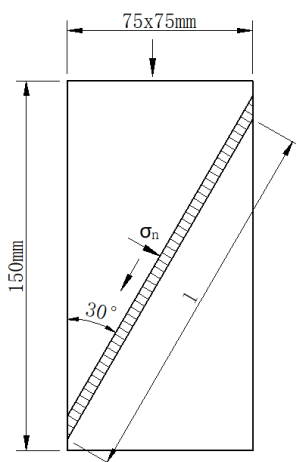


图 B.2.2 抗剪强度——倾斜棱柱体

- b) 试件应在水中养护 7d。试件从水中取出后，应对上下试件的粘接面进行喷砂处理或气动

凿毛处理，除去脱模剂、水泥浮浆等物质。

- c) 将按 B. 2. 1 要求拌和后的胶粘剂涂敷在凿毛干燥处理后的倾斜混凝土棱柱体粘接面上，单面涂敷，厚度宜为 3mm。
- d) 混凝土棱柱的粘结面涂覆完胶粘剂后，应用一个夹紧力为 0. 2MPa 的夹具将两个棱柱夹在一起。夹具构造应能使试件垂直对中固定，不产生偏心和扭转作用。
- e) 测试试件在胶粘剂规定应用温度范围的下限温度环境中应存放 7d，随后进行测试。

B. 2. 3 每组有效试样不应少于 5 个。

B.3 试验结果

B. 3. 1 按 B. 2. 2 试件固化 7 d 后，可参照《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567 的程序进行压缩试验，直到试件破坏，记录最大荷载 P。

B. 3. 2 抗剪强度应按下式进行计算：

$$\tau = 7.7 \times 10^{-5}P \tag{B. 3. 2}$$

式中：τ——抗剪强度（MPa）；
P ——试验记录最大荷载（N）。

B. 3. 3 应以 5 个试件为一组，试验结果取算术平均值表示。

附录 C（规范性附录）环氧树脂胶粘剂抗拉弯强度测定方法

C.1 仪器、设备

C.1.1 适用的仪器、设备应包括：

- a) 电动搅拌机
- b) 50mm×50mm×100mm 矩形钢模
- c) 现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567 弯曲试验所需的仪器设备

C.1.2 电动搅拌机应符合下列规定：

- a) 宜使用带有混合转子的 350W、400rpm 手提电钻。
- b) 电动搅拌机转速不得超过 400rpm。

C.2 试样制作

C.2.1 双组份环氧树脂胶粘剂的拌和应符合下列规定：

- a) 应使用电动搅拌机将 A 组分在包装桶中充分搅动 10s 或直至搅拌均匀，停止搅拌。
- b) 应按配合比往 A 组分包装桶中加入 B 组分，继续搅拌。当混合物颜色呈均匀的灰色时应停止搅拌。搅拌时间不得超过 3min。

C.2.2 试样制作应符合下列规定：

- a) 一对混凝土棱柱体的总尺寸应为 50mm×50mm×100mm（图 C.2.2）；试件混凝土强度不应低于预制节段混凝土构件。

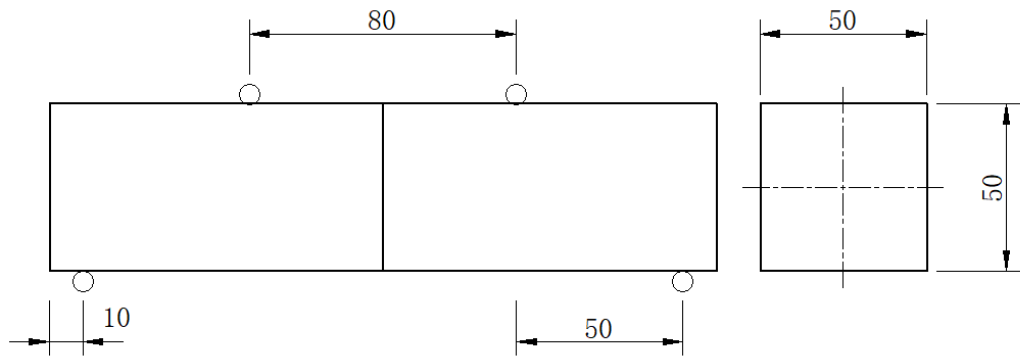


图 C.2.2 抗拉弯强度试验（单位：mm）

- b) 试件应在水中养护 7d。试件从水中取出后，应对两试件的粘接面进行喷砂处理或气动凿毛处理，除去脱模剂、水泥浮浆等物质。
- c) 将按 C.2.1 要求拌和后的胶粘剂涂敷在凿毛干燥处理后的混凝土棱柱体粘接面上，单面涂敷，厚度不应小于 2mm。
- d) 混凝土棱柱的粘结面涂覆完胶粘剂后，应用一个夹紧力为 0.2MPa 的夹具将两个棱柱夹

在一起。夹具构造应能使试件垂直对中固定，不产生偏心和扭转作用。

e) 可用保持潮湿状态的湿布包裹测试试件，在胶粘剂配方规定的使用温度范围的下限温度环境中养护 24h。

C.2.3 每组有效试样应不少于 5 个。

C.4 试验步骤

C.4.1 在 100%湿度和胶粘剂配方的规定使用温度范围下养护 24h 后，执行四点弯曲试验至破坏（图 C.2.2），观察并记录破坏发生部位。

C.4.2 当破坏形式为基材混凝土内聚破坏，可判为正常破坏。当破坏形式为胶粘剂与基材混凝土的界面破坏，应判为不正常破坏。

附录 D（规范性附录）桩基承台计算

D.1 当承台下面外排桩中心离墩台边缘距离大于承台高度时，其内力按悬臂梁计算，强度按一般受弯构件进行检算，但不验算裂缝宽度；否则，承台的内力按“撑杆-系杆体系”计算其内力和强度（图 D.2）。验算承台截面强度时，截面的计算宽度应符合下列规定：

- 当桩中距不大于三倍桩边长或桩直径时， b_s 应取承台全宽；
- 当桩中距大于三倍桩边长或桩直径时， b_s 应按下式计算：

$$b_s = 2a + 3D(n - 1) \quad (\text{D.1})$$

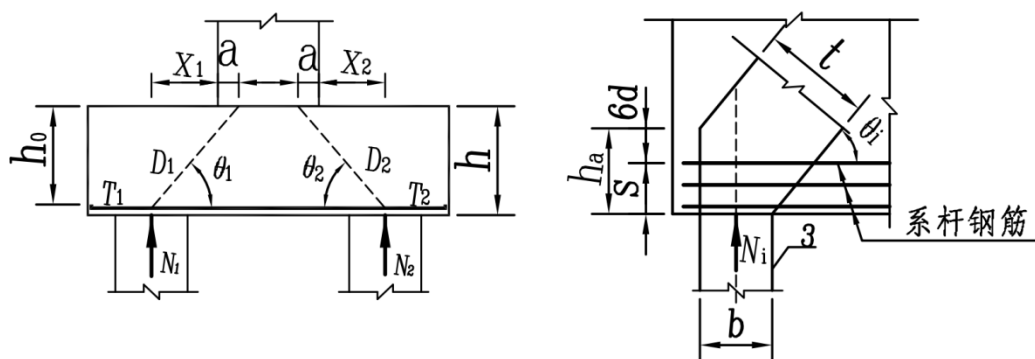
式中： b_s ——承台截面计算宽度（m）；

a ——平行于计算截面的边桩中心距承台边缘距离（m）；

D ——桩柱或墩台边长或桩直径（m）；

n ——平行于计算截面的桩的根数。

D.2 当采用“撑杆-系杆体系”承台（图 D.2）时应符合下列规定：



（a）“撑杆—系杆”力学模式 （b）撑杆计算高度

图 D.2 承台按“撑杆-系杆”计算

- 撑杆的内力应按下列公式计算，并取 D_1 和 D_2 两者较大者。

$$D_1 = N_1 / \sin \theta_1 \quad (\text{D.2-1})$$

$$D_2 = N_2 / \sin \theta_2 \quad (\text{D.2-2})$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{h_0}{a + x_1} \quad (\text{D.2-3})$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{h_0}{a + x_2} \quad (\text{D.2-4})$$

$$a=0.15h_0 \quad (D.2-5)$$

式中： N_1 ——承台悬臂下面“1”排桩内桩的根数乘以该排桩中最大的单桩设计承载力（kN）；

N_2 ——承台悬臂下面“2”排桩内桩的根数乘以该排桩中最大的单桩设计承载力（kN）；

h_0 ——承台有效高度（m）；

a ——撑杆压力线在承台顶面的作用点至墩台边缘的距离（m）；

x_1 ——第1排桩中心至墩台边缘的距离（m）；

x_2 ——第2排桩中心至墩台边缘的距离（m）。

b) 系杆的拉力应按下列公式计算，并取 T_1 与 T_2 中较大者。

$$T_1 = N_1 / \tan \theta_1 \quad (D.2-6)$$

$$T_2 = N_2 / \tan \theta_2 \quad (D.2-7)$$

c) 撑杆的强度验算可按下列公式计算：

$$\sigma_b = \frac{D_t}{tb_s} \leq \varphi[\sigma_b] \quad (D.2-8)$$

$$t = b \sin \theta_t + h_a \cos \theta_t \quad (D.2-9)$$

$$h_a = s + 6d \quad (D.2-10)$$

$$\varphi = 1 / (0.69 + 146\varepsilon_1) \quad (D.2-11)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_s + (\varepsilon_s + 0.002) \cot^2 \theta_t \quad (D.2-12)$$

$$\varepsilon_s = T_t / A_s E_s \quad (D.2-13)$$

式中： σ_b ——撑杆压应力（kPa）；

$[\sigma_b]$ ——承台混凝土容许压应力（kPa）；

D_t ——撑杆压力设计值（kN）；

t ——撑杆计算高度（m）；

b ——桩的支撑宽度（m），方形截面桩的支撑宽度 b 应取截面边长，圆形截面桩的支撑宽度 b 取直径的 0.8 倍；

s ——系杆钢筋的顶层钢筋中心至承台底的距离（m）；

d ——系杆钢筋直径（m），当采用不同直径的钢筋时，系杆钢筋直径 d 应取加权平均值；

b_s ——撑杆计算宽度（m），按 D.0.1 条计算；

φ ——容许应力折减系数，且不大于 1；

θ_t ——撑杆压力线与系杆拉力线的夹角；

ε_s ——系杆方向混凝土的拉伸应变；

T_t ——与撑杆相应的系杆拉力（kN）；

A_s ——在撑杆计算宽度 b_s （系杆计算宽度）范围内系杆钢筋截面面积（ m^2 ）；

E_s ——系杆钢筋弹性模量（kPa）。

d) 系杆强度可按式计算：

$$\sigma_s = \frac{T_t}{A_s} \leq [\sigma_s] \quad (\text{D.2-14})$$

式中： σ_s ——系杆应力（kPa）；

$[\sigma_s]$ ——钢筋容许应力（kPa）。

D.3 承台应验算局部冲切，其验算应符合下列规定：

a) 承台冲切强度应按式验算：

$$\tau_c = \frac{F}{U_m h_0} \leq \varphi [\tau_c] \quad (\text{D.3-1})$$

式中： F ——作用于冲切破坏锥体上的冲切力，为墩柱底反力减去锥体范围内桩设计承载力或角桩、边桩的设计承载力（kN）；

U_m ——承台冲切截面的周长（m）；

h_0 ——承台有效高度（m）；

φ ——容许应力折减系数， $\varphi=0.6$ ；

$[\tau_s]$ ——混凝土容许剪应力（kPa）。

b) 墩柱向下冲切承台的破坏锥体（见图 D.3-1）应符合下列规定：

- 1) 墩柱向下冲切承台的破坏锥体应采用自墩柱边缘至相应桩顶边缘连线构成的锥体。
- 2) 桩顶位于承台顶面以下一倍有效高度 h_0 处。
- 3) 冲切破坏锥体斜面与承台底面的夹角不应小于 45° ，当小于 45° 时，应取用 45° 。

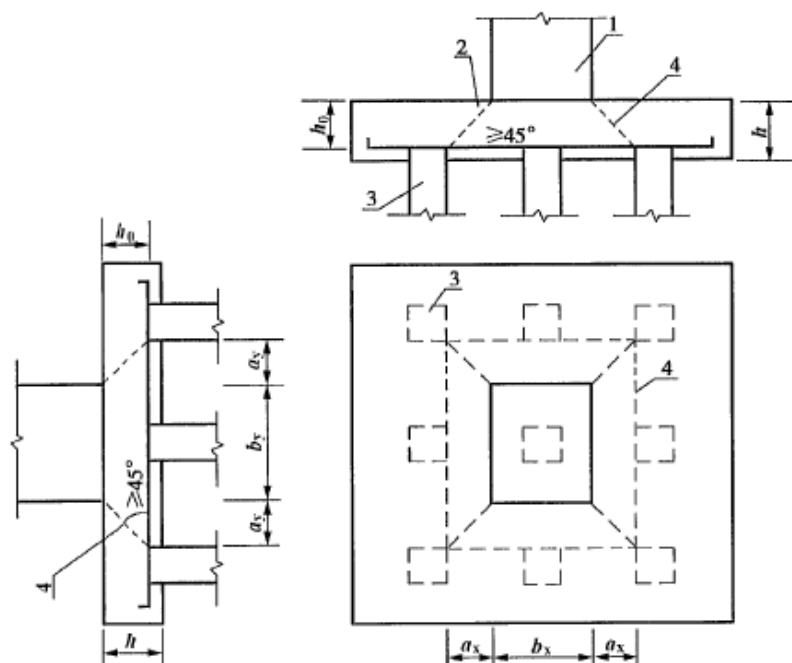


图 D.3-1 墩柱向下冲切承台的破坏锥体

1—墩柱；2—承台；3—桩；4—破坏锥体

4) 冲切截面的周长宜按下列公式计算：

$$U_m = 2\alpha_{px}(b_y + a_y) + 2\alpha_{py}(b_x + a_x) \quad (\text{D.3-2})$$

$$\lambda_x = \begin{cases} 0.2h_0 & (\alpha_x < 0.2h_0) \\ \frac{\alpha_x}{h_0} & (\alpha_x \geq 0.2h_0) \end{cases} \quad (\text{D.3-3})$$

$$\lambda_y = \begin{cases} 0.2h_0 & (\alpha_y < 0.2h_0) \\ \frac{\alpha_y}{h_0} & (\alpha_y \geq 0.2h_0) \end{cases} \quad (\text{D.3-4})$$

$$\alpha_{px} = \frac{1.2}{\lambda_x + 0.2} \quad (\text{D.3-5})$$

$$\alpha_{py} = \frac{1.2}{\lambda_y + 0.2} \quad (\text{D.3-6})$$

式中： b_x ——柱或墩台作用面积的短边边长（m）； b_y ——柱或墩台作用面积的长边边长（m）； a_x ——沿横向的冲跨（m）；

a_y ——沿纵向的冲跨（m）；

λ_x ——沿横向的冲跨比；

λ_y ——沿纵向的冲跨比；

α_{px} ——与冲跨比 λ_x 对应的冲切强度系数；

α_{py} ——与冲跨比 λ_y 对应的冲切强度系数。

5) 当承台为变厚时, h_0 取沿墩柱边缘垂直截面的承台有效高度；

6) 冲跨 a_x 、 a_y 是指冲切破坏锥体侧面顶边与底边间的水平投影距离, 即墩柱边缘到桩边缘的水平距离, 其值不应大于 h_0 。

c) 当角桩和边桩位于墩柱向下冲切承台的破坏锥体以外时, 角桩和边桩对承台形成向上的冲切作用, 并形成如下图所示的角桩冲切破坏锥体和边桩冲切破坏锥体。

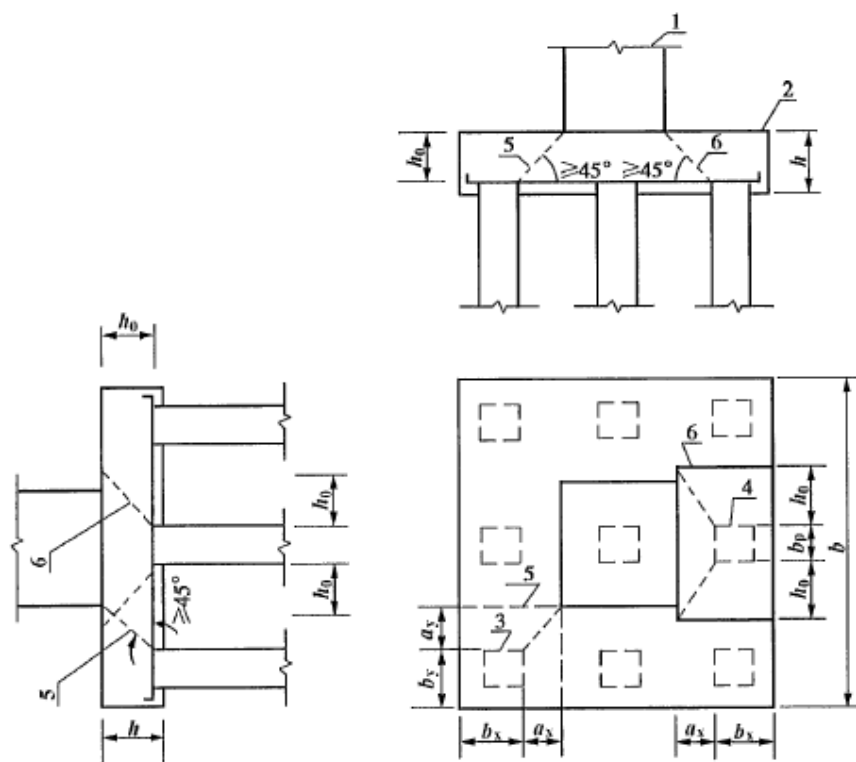


图 C.3-2 承台角桩和边桩上冲切破坏锥体

1-墩柱；2-承台；3-桩；4-边桩；5-角桩上破坏锥体；6-边桩上冲切破坏锥体

1) 角桩冲切承台的破坏锥体的截面周长应按下列公式计算：

$$U_m = \alpha'_{px} \left(b_y + \frac{a_y}{2} \right) + \alpha'_{py} \left(b_x + \frac{a_x}{2} \right) \quad (\text{C.3-7})$$

$$\alpha'_{px} = \frac{0.8}{\lambda_x + 0.2} \quad (\text{C.3-8})$$

$$\alpha'_{py} = \frac{0.8}{\lambda_y + 0.2} \quad (\text{C.3-9})$$

式中： b_x ——承台边缘至桩内边缘的横向水平距离（m）；

b_y ——承台边缘至桩内边缘的纵向水平距离（m）；

a_x ——沿横向的冲跨（m）；

a_y ——沿纵向的冲跨（m）；

λ_x ——沿横向的冲跨比；

λ_y ——沿纵向的冲跨比；

α'_{px} ——与冲跨比 λ_x 对应的冲切强度系数；

α'_{py} ——与冲跨比 λ_y 对应的冲切强度系数。

2) 当 $b_p + 2h_0 \leq b$ 时，边桩冲切承台的破坏锥体的截面周长应按下式计算：

$$U_m = \alpha'_{px}(b_p + h_0) + 0.667 \times (2b_x + a_x) \quad (\text{C.3-10})$$

式中： b_x ——承台边缘至桩内边缘的水平距离（m）；

b_p ——方桩的边长（m）；

a_x ——沿横向的冲跨（m）。

3) 当承台为变厚时， h_0 取承台边缘截面的有效高度；

4) 冲跨 a_x 、 a_y 是指桩边缘至墩柱边缘的水平投影距离，其值不应大于 h_0 。