

DB33

浙 江 省 地 方 标 准

DB33/T 2283—2020

公路钢板混凝土组合梁桥设计规范

Specification for design of highway steel plate-concrete composite
girder bridge

2020 - 11 - 27 发布

2020 - 12 - 27 实施

浙江省市场监督管理局

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 1

4 材料 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 钢材 2

 4.3 混凝土 3

 4.4 连接件 3

5 基本规定 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 结构形式 3

 5.3 结构布置 3

6 结构设计 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 钢结构 6

 6.3 混凝土桥面板 10

 6.4 连接件 12

 6.5 支座 12

 6.6 连续组合梁负弯矩区 12

7 耐久性设计 12

 7.1 一般规定 13

 7.2 排水设计 13

 7.3 维修空间 13

 7.4 钢结构 14

 7.5 混凝土桥面板 14

 7.6 连接件 15

 7.7 钢混结合部 15

8 结构计算 15

 8.1 一般规定 15

 8.2 作用及作用组合 15

 8.3 计算模型 17

 8.4 承载能力极限状态计算 17

 8.5 正常使用极限状态计算 17

前 言

本标准按照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》给出的规定起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：浙江省交通规划设计研究院有限公司、同济大学。

本标准主要起草人：赵长军、王昌将、马芹纲、雷波、陈向阳、陈航、余茂峰、段亚军、李渊、潘竺兰、茅兆祥、叶建龙、张贤卿、刘玉擎、王成树。

公路钢板混凝土组合梁桥设计规范

1 范围

本标准规定了公路钢板混凝土组合梁桥设计的材料、基本规定、结构设计、耐久性设计、结构计算等的技术要求。

本标准适用于公路钢板混凝土组合梁桥的上部结构设计。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 714 桥梁用结构钢
GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
GB/T 1229 钢结构用高强度大六角头螺母
GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第二部分：热轧带肋钢筋
GB/T 1591 低合金高强度结构钢
GB/T 10433 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50917 钢-混凝土组合桥梁设计规范
JTG D60-2015 公路桥涵设计通用规范
JTG D64-2015 公路钢结构桥梁设计规范
JTG/T D64-01-2015 公路钢混组合桥梁设计与施工规范
JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程
JTG/T 3310-2019 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG 3363-2019 公路桥涵地基与基础设计规范
JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢板混凝土组合梁桥 steel plate-concrete composite girder bridge

钢梁与混凝土桥面板通过连接件共同受力形成的梁式桥。

3.2

双主梁结构 Twin girder

由两片钢梁与混凝土桥面板形成的一种钢板混凝土组合梁桥结构。

3.3

多主梁结构 multi-girder

由三片及以上钢梁与混凝土桥面板形成的一种钢板混凝土组合梁桥结构。

3.4

支撑横梁 directly supporting cross-beam

通过连接件与桥面板组合, 支承桥面板的横梁。

3.5

非支撑横梁 indirectly supporting cross-beam

不与桥面板组合, 不支承桥面板的横梁。

3.6

补偿收缩混凝土 shrinkage-compensating concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力为 0.2MPa~1.0MPa 的混凝土。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 公路钢板混凝土组合梁桥(以下简称组合梁)钢材应符合 GB 50017、GB 50917、GB/T 714、JTG D64、JTG/T D64-01、GB/T 1591、GB 1499.2 相关规定。

4.1.2 组合梁混凝土应符合 GB 50917、JTG/T D64-01、JTG 3362 相关规定。

4.2 钢材

4.2.1 纵梁及支撑横梁宜采用 GB/T 1591 中规定的 Q355 及以上等级钢材, 采用 Q355 时质量等级宜采用 C 级。非支撑横梁可采用 Q235 钢材, 质量等级宜采用 C 级。

4.2.2 钢梁可根据腐蚀环境选用耐候钢, 应满足 GB/T 714 相关规定要求。在海洋、融冰盐、潮湿及严重空气污染的环境不宜采用免涂装耐候钢。

4.2.3 钢筋混凝土及预应力混凝土构件中的普通钢筋应采用 HPB300、HRB400, 应满足 JTG 3362 相关规定要求。

4.3 混凝土

4.3.1 钢筋混凝土桥面板混凝土强度等级不应低于 JTG 3362 中规定的 C40, 预应力混凝土桥面板混凝土强度等级不应低于 JTG 3362 中规定的 C50。

4.3.2 湿接缝及剪力槽后浇混凝土宜采用与桥面板等强的补偿收缩混凝土, 其材料及性能指标应符合 JGJ/T 178 规定。

4.4 连接件

螺栓连接应采用高强度螺栓摩擦型连接, 应满足 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231 规定。

5 基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 组合梁设计应与运输和架设方案统筹考虑，结合地形地质等条件选择合适的结构形式。

5.1.2 组合梁构造措施应便于制作、安装、检查和维护。构件和结构单元宜标准化。

5.2 结构形式

5.2.1 结构平面、立面布置宜规则连续。

5.2.2 桥面板宜按单向板设计。

5.2.3 简支组合梁宜采用等高度梁，连续组合梁主跨跨度大于 60m 时宜采用变高度梁，不大于 60m 时宜采用等高度梁。

5.2.4 桥梁跨度不宜小于 20m，简支梁跨度宜为 20m~50m，连续梁跨度宜为 20m~90m。

5.3 结构布置

5.3.1 组合梁可用于弯桥，桥梁跨度与平曲线半径的比值宜小于 0.2，主梁曲线布置见图 1，主梁直线布置见图 2。

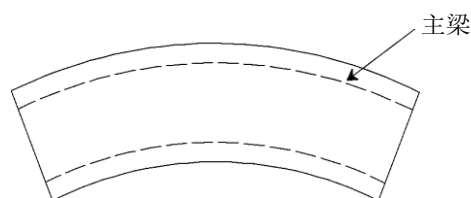


图1 主梁曲线布置



图2 主梁直线布置

5.3.2 组合梁可用于斜桥，斜交角度不宜大于 15° ，结构布置应符合以下要求。

a) 斜交角度不大于 15° 时，横梁可平行于墩台轴线方向与主梁轴线斜交布置，见图3；

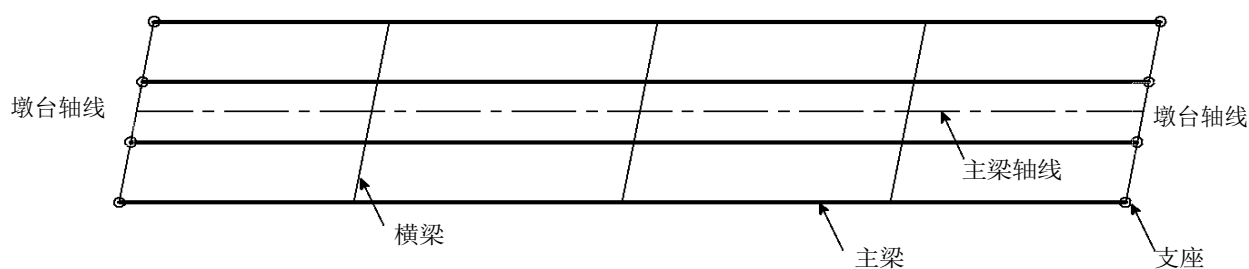


图3 跨中横梁倾斜布置

b) 特殊情况下，斜交角度大于 15° 时，除支座处横梁必须平行于桥台方向与主梁轴线斜交布置外，其余横梁宜与主梁轴线正交布置，并对主梁及桥面板的受力进行空间有限元分析，考虑斜交受力对组合梁设计的影响。

5.3.3 横向布置要求如下：

- 组合梁可采用双主梁或多主梁结构，主梁数量的选择应综合考虑结构受力与施工，结构断面分别如图 4、图 5 所示；
- 双主梁结构主梁间距宜大于 4.0m；

- c) 多主梁结构主梁间距宜采用 2.5m~4.0m。

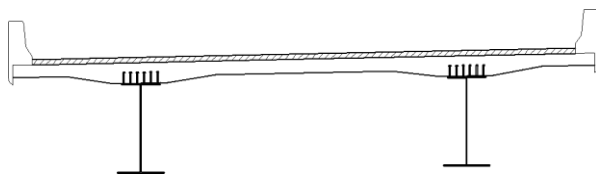


图4 双主梁结构断面

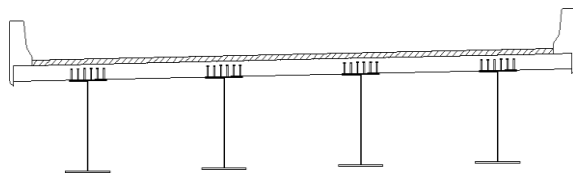


图5 多主梁结构断面

5.3.4 纵向布置要求如下：

- 连续组合梁边中跨比宜采用 0.5~1.0；
- 当边支点出现负反力时，可采取增大边中跨比、设置拉压支座或在端部进行压重等措施。

5.3.5 联结系布置要求如下：

- 组合梁横向联结系布置应符合以下要求：
 - 组合梁横向联结可采用实腹式结构见图 6, 或采用桁架式结构见图 7, 梁高超过 3m 时宜采用桁架式结构；

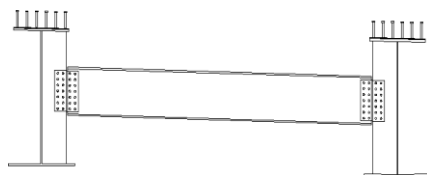


图6 实腹式横向联结系

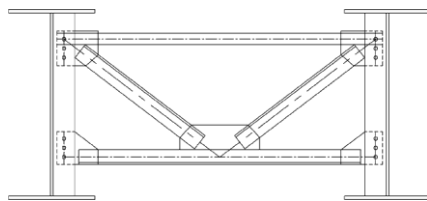
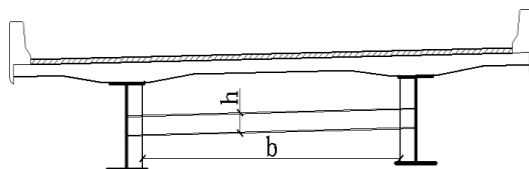


图7 桁架式横向联结系

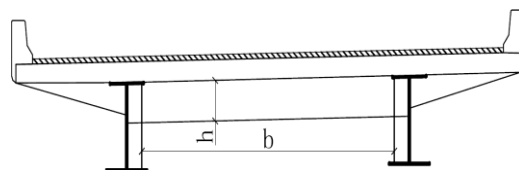
- 横梁可采用非支撑横梁见图 8, 或支撑横梁见图 9。非支撑横梁高度宜为横梁跨度的 1/8~1/10, 支撑横梁高跨比宜为 1/6~1/8；



h:横梁高度；

b:横梁跨度。

图8 非支撑横梁



h:横梁高度;

b:横梁跨度。

图9 支撑横梁

- 3) 组合梁跨间横向联结系不应少于 3 个, 间距宜为 4m~10m;
- 4) 边支座处和中支座处的横梁均应加强, 或采用桁架式结构。
- b) 组合梁纵向联结系布置应符合以下要求:
 - 1) 设计计算时, 施工阶段满足整体稳定受力要求时可省略下平联。施工阶段和使用阶段均满足整体稳定受力要求时, 上平联和下平联均可省略;
 - 2) 跨度大于 50m 的组合梁宜设置临时纵向联结系, 上平联布置于上翼缘附近腹板, 下平联布置于下翼缘附近腹板;
 - 3) 纵向联结系可采用设置预应力拉杆、型钢或钢管, 形成平面桁架或交叉形式, 常用的形式有 X 形、钻石形和 K 形, 见图 10。

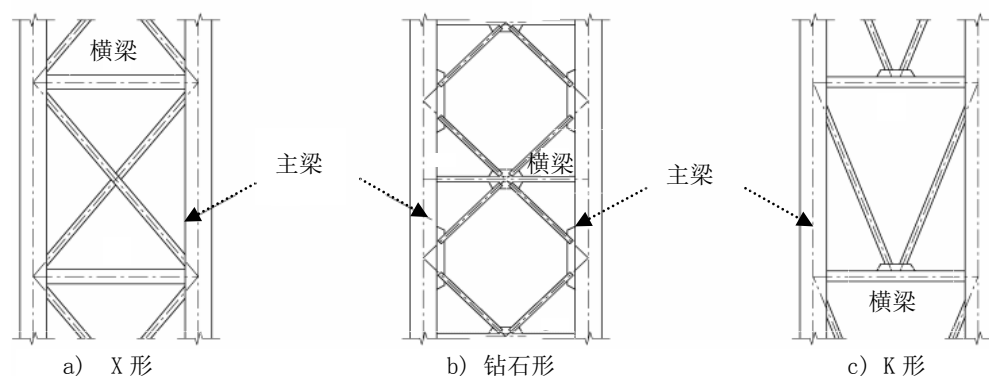


图10 纵向联结系

6 结构设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 钢梁和桥面板交界面应设置连接件, 连接件优选圆柱头焊钉, 应满足 GB/T 10433 规定。
- 6.1.2 钢梁预拱度可结合制造工艺采用多段折线模拟, 但和理论预拱度高程差不应超过 10mm。
- 6.1.3 桥面板可采用现浇或预制施工工艺。

6.2 钢结构

6.2.1 钢梁高跨比

钢梁高跨比应满足以下要求:

- a) 双主梁组合梁应满足以下要求:
 - 1) 等高度简支梁高跨比宜为 1/15~1/20;
 - 2) 等高度连续梁高跨比宜为 1/20~1/25;

- 3) 变高度连续梁，主跨跨中高跨比宜为 $1/25 \sim 1/30$ ，支点高跨比宜为 $1/15 \sim 1/20$ 。
- b) 多主梁组合梁应满足以下要求：
 - 1) 等高度简支梁高跨比宜为 $1/20 \sim 1/25$ ；
 - 2) 等高度连续梁高跨比宜为 $1/25 \sim 1/30$ ；
 - 3) 变高度连续梁，主跨跨中高跨比宜为 $1/30 \sim 1/35$ ，支点高跨比宜为 $1/20 \sim 1/25$ 。

6.2.2 翼缘板宽度与厚度

翼缘板的宽度与厚度应满足以下要求：

- a) 翼缘板宽度应满足以下要求：
 - 1) 与混凝土桥面板组合的受压翼缘自由伸出肢宽度不应大于其厚度的 $16\sqrt{355/f_y}$ 倍；
 - 2) 不与混凝土桥面板组合的受压翼缘自由伸出肢宽度不应大于其厚度的 $12\sqrt{355/f_y}$ 倍，受拉翼缘自由伸出肢宽度不应大于其厚度的 $16\sqrt{355/f_y}$ 倍；
 - 3) 上翼缘板宽度相较于下翼缘板宽度宜减少 100mm~200mm。

注：本条规定中 f_y 为钢材屈服强度。

- b) 翼缘板厚度应满足以下要求：
 - 1) 上翼缘板、下翼缘板厚度宜为 20mm~80mm；
 - 2) 上翼缘板、下翼缘板沿纵桥向厚度类型，跨度小于等于 50m 时以 1~3 种为宜，见图 11，跨度大于 50m 时以 2~4 种为宜，见图 12。翼缘厚度变化时，宜保持上、下翼缘外表面齐平。相邻板厚差不宜小于 4mm，不宜大于较厚板的 $1/3$ 和较薄板的 $1/2$ 。



图11 $L \leq 50\text{m}$ 翼缘板厚度变化示意图

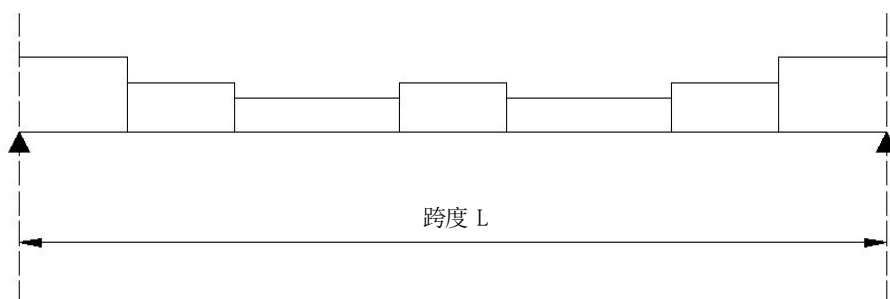


图12 $L > 50\text{m}$ 翼缘板厚变化示意图

6.2.3 腹板及加劲肋

腹板及加劲肋应满足以下条件：

- a) 腹板应满足以下要求：
 - 1) 腹板厚度宜为 14mm~30mm；
 - 2) 跨度不大于 50m 时，腹板厚度宜满足不需设置纵向加劲肋的尺寸要求；
 - 3) 跨度不大于 50m 时，腹板厚度不宜变化；跨度大于 50m 时，腹板厚度可沿纵桥向变化，厚度类型以 2~4 种为宜。
- b) 加劲肋应满足以下要求：
 - 1) 在梁的支座处和承受较大固定集中荷载处，应设置支承加劲肋；
 - 2) 边梁腹板宜在内侧设置单侧横向加劲肋，中梁腹板可设置单侧或双侧横向加劲肋。

6.2.4 主梁纵向拼接

主梁纵向拼接应满足以下条件：

- a) 拼接应按等强原则进行设计；
- b) 拼接应避免受力不利截面，宜设置在 1/4 跨附近；
- c) 主梁顶板、底板和腹板的拼接，工厂拼接应采用全熔透 I 级焊缝，工地拼接宜采用高强度螺栓摩擦型连接；
- d) 高强度螺栓摩擦型连接见图 13，应符合以下要求：
 - 1) 翼缘拼接板及拼接缝每侧的高强度螺栓摩擦型连接设计，应按与翼缘板净截面承载力等强原则计算；
 - 2) 腹板拼接板及拼接缝每侧的高强度螺栓摩擦型连接设计，应按与腹板净截面承载力等强原则计算。

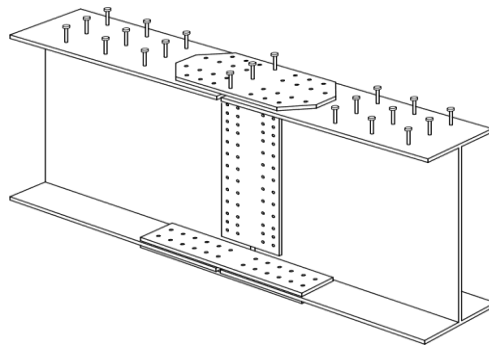


图13 纵向高强度螺栓摩擦型连接示意图

- e) 翼缘拼接焊缝与腹板拼接焊缝错开距离 L 不宜小于 10 倍腹板厚度，且不小于 100mm，可根据施工需要设置过焊孔，见图 14。

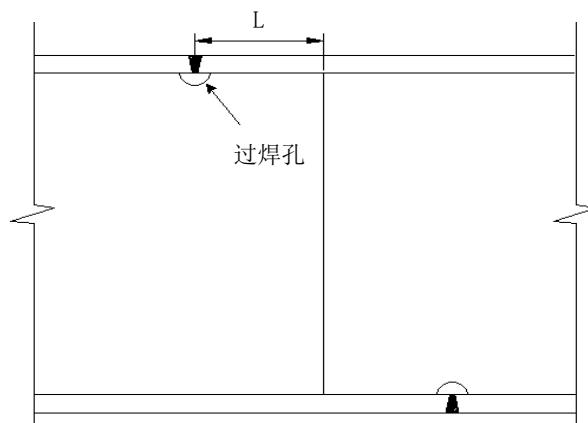


图14 纵向焊缝连接示意图

6.2.5 联结系

组合梁的联结系应满足以下要求：

- a) 横向联结系应满足以下要求：
- 1) 伸缩缝处墩顶横向联结系宜采用支撑横梁；
 - 2) 跨间横向联结系不宜与受拉翼缘焊接；
 - 3) 横梁与主梁宜采用高强螺栓摩擦型连接，采用焊接时应采用全熔透 I 级焊缝；
 - 4) 跨间横梁和主梁上下翼缘板不连接，横梁腹板可与主梁腹板加劲肋直接栓接，见图 15，或采用双拼盖板连接，见图 16；

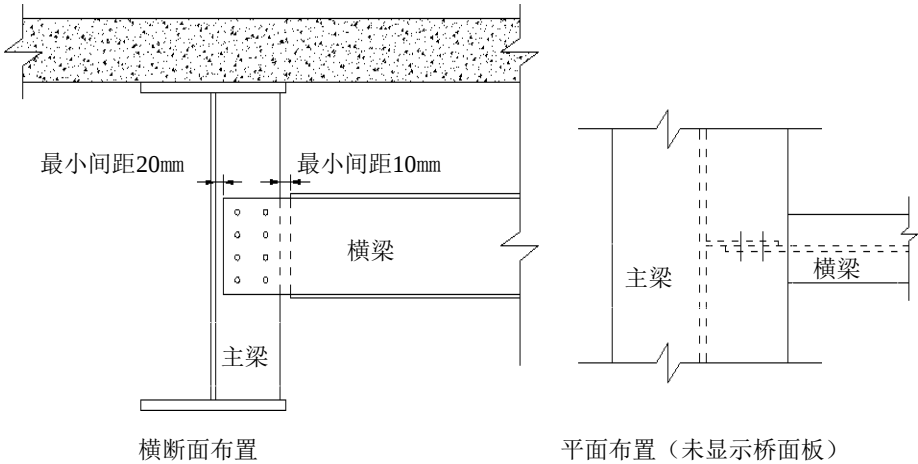


图15 横梁与主梁连接（腹板栓接）

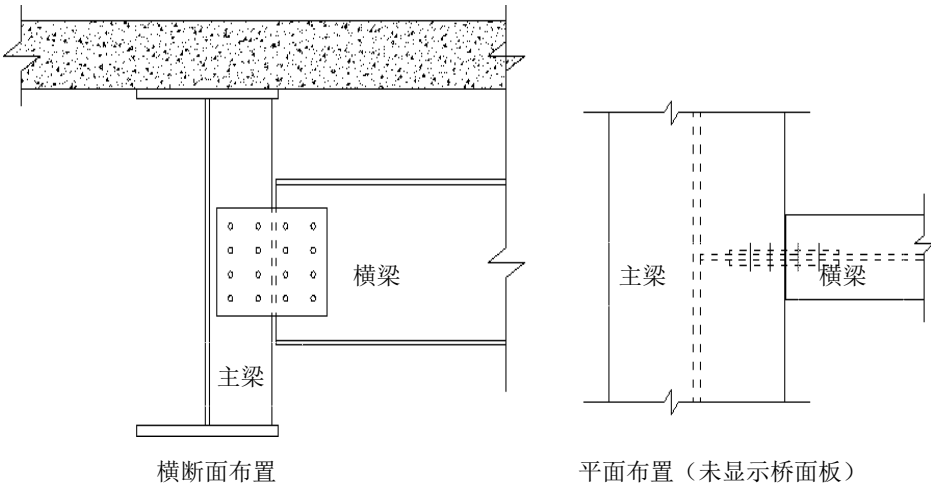


图16 横梁与主梁连接（双盖板连接）

- 5) 端横梁腹板与主梁腹板竖向加劲肋宜栓接，横梁下翼缘与对应水平钢板宜采用双盖板连接，横梁上翼缘与主梁上翼缘可不连接，见图 17。

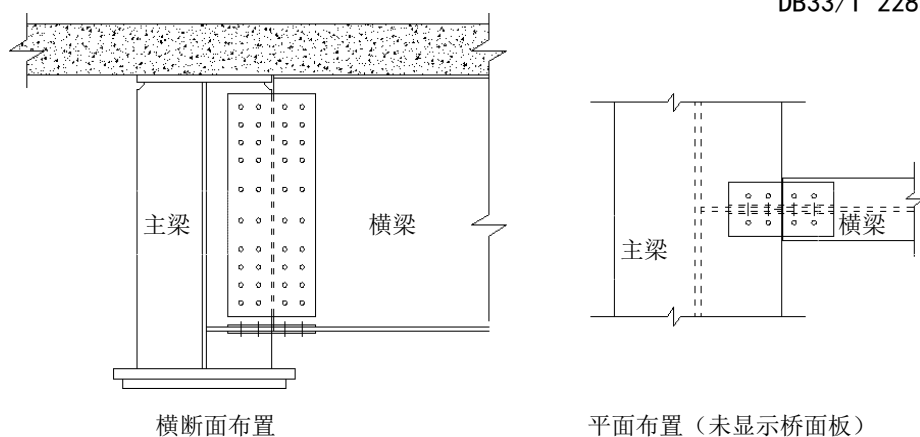


图17 端横梁与主梁的连接

b) 纵向联结系应满足以下要求:

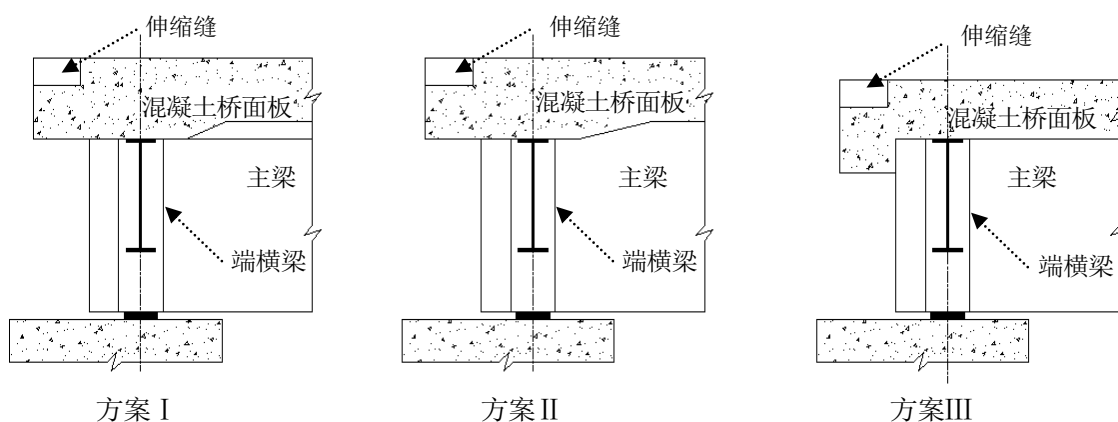
- 1) 在纵向联结系与主梁腹板连接处, 主梁腹板应设置加劲肋提高主梁腹板抵抗面外局部荷载作用的能力;
- 2) 纵向联结系构件与主梁、横梁轴线的夹角不宜小于 30° 。

6.3 混凝土桥面板

6.3.1 结构形式应满足以下要求:

- a) 桥面板的跨度不大于 4.0m 和悬臂长度不大于 2.0m 时, 宜采用钢筋混凝土结构;
- b) 桥面板的跨度大于 4.0m 或悬臂长度大于 2.0m 时, 宜采用预应力混凝土结构;
- c) 支承横梁体系桥面板, 宜采用等厚度; 非支承横梁体系桥面板, 宜根据受力情况变化厚度;
- d) 桥面板厚度宜采用 200mm~450mm, 跨中和悬臂端部厚度宜采用 200mm~300mm, 支承处宜采用 350mm~450mm, 并设置厚度过渡段;
- e) 桥面板预制分块长度应考虑制作、运输、安装、结构受力等条件;
- f) 桥面板横坡宜采用上翼缘支承处梗腋高度变化实现;
- g) 预制桥面板的吊装点应综合考虑桥面板在吊装过程中的受力情况, 防止桥面板在吊装过程中发生破坏。

6.3.2 主梁端部伸缩缝附近桥面板应增加厚度提高其承载力, 见图 18。



注: 方案 I 为主梁纵向等高度, 桥面板纵向变高度;
 方案 II 为主梁和桥面板纵向均为变高度;
 方案 III 为主梁和桥面板纵向均为等高度。

图18 主梁端部桥面板加强图

6.3.3 钢筋混凝土桥面板配筋

钢筋混凝土桥面板应配置主要受力方向的主筋、与主筋垂直或斜交的分布筋、梗腋加强筋和梁端桥面板加强筋等。钢筋混凝土桥面板配筋应满足以下要求：

- a) 主筋应采用螺纹钢筋，直径不宜小于 16mm；
- b) 主筋中心间距不应大于 20cm，其最小净距和层距应符合 JTG3362-2018 第 9.3.3 条的规定。

6.3.4 混凝土斜桥桥面板配筋

斜板的钢筋可按下列规定布置：

- a) 整体式斜板的斜交角不大于 15° 时，主钢筋可平行于桥纵轴线方向布置；斜交角大于 15° 时，主钢筋宜垂直于板的支承轴线方向布置；
- b) 斜板的分布钢筋宜垂直于主钢筋方向设置，其直径不应小于 8mm、间距不应大于 200mm，截面面积不宜小于板的截面面积的 0.1%。在斜板的支座附近宜增设平行于支承轴线的分布钢筋。

6.3.5 预应力混凝土桥面板

- a) 预应力设计原则：
 - 1) 预应力桥面板宜采用 A 类预应力结构，宜采用先张法工艺；采用后张法工艺时，应先张拉预应力，桥面板再与焊钉群结合；
 - 2) 先张法预应力筋宜采用直线布置，且预应力筋宜与普通钢筋等间距错开布置；
 - 3) 后张法预应力筋可采用直线布置，其构造应符合 JTG 3362-2018 中 9.4 规定。
- b) 湿接缝设计原则：
 - 1) 湿接缝宽度宜采用 300mm~500mm；
 - 2) 宜采用补偿收缩混凝土。

6.4 连接件

6.4.1 组合梁的钢与混凝土结合宜采用焊钉连接件。

6.4.2 焊钉直径宜采用 22mm 或 25mm，高度宜采用 150mm~220mm。

6.4.3 采用预制混凝土桥面板与钢梁结合时，可将焊钉连接件集中配置在混凝土构件预留孔中，并考虑群钉效应对连接件承载性能的影响。

6.4.4 焊钉间距要求

焊钉的间距应符合以下要求：

- a) 焊有连接件的钢板厚度不应小于焊钉直径的 0.5 倍；
- b) 焊钉连接件的间距不宜大于 300mm；剪力作用方向上的间距不宜小于焊钉直径的 5 倍，且不应小于 100mm；剪力作用垂直方向的间距不宜小于焊钉直径的 2.5 倍，且不应小于 50mm；
- c) 焊钉连接件的外侧边缘与钢板边缘的距离不应小于 25mm；
- d) 主梁上翼缘纵向连接盖板上应根据需要设置焊钉。

6.5 支座

6.5.1 宜采用盆式支座或球形支座。

6.5.2 应保证支座顶面、底面水平，与梁板底、支座垫石顶密贴接触。当承压力不大于 5000kN 时，支座四角高差应小于 1mm；当承压力大于 5000kN 时，支座四角高差应小于 2 mm。

6.5.3 支座处梁底应设置楔形钢板，支座中心处楔形钢板厚度不宜小于 30mm，其它部位楔形钢板最小厚度不宜小于 20mm。

6.6 连续组合梁负弯矩区

6.6.1 负弯矩区设计时宜采用预加荷载法、支点位移法等抗裂措施。

6.6.2 预加荷载法，首先预加临时荷载，其次浇注正弯矩区段混凝土或安装预制桥面板，然后浇注负弯矩区混凝土或安装预制桥面板，当混凝土达到设计强度后，方可撤除临时荷载。

6.6.3 支点位移法，首先将中支点抬高，然后浇注桥面板混凝土或安装预制桥面板，当混凝土达到设计强度后，将中支点恢复到设计高程。

7 耐久性设计

7.1 一般规定

7.1.1 组合梁耐久性设计应符合 JTG/T D64-01、JTG/T 3310 和 JTG 3362 的规定。

7.1.2 组合梁应采用易于检查、维修、养护的结构形式和构造。

7.1.3 组合梁设计时应预留后期养护维修的空间。采用耐候钢的钢梁构件应通风良好、排水顺畅，梁端部可采用局部涂装。

7.2 排水设计

7.2.1 应设计完善的排水系统，并采用不易积水的构造。设置伸缩缝处的墩台排水应确保顺畅。

7.2.2 竖向加劲肋与下翼缘连接时应在竖向加劲肋上设置排水孔，见图 19。

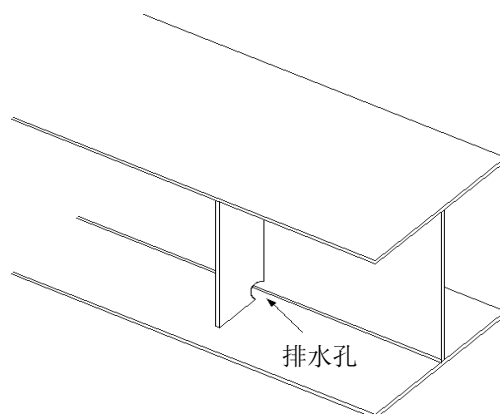


图19 竖向加劲肋排水细节

7.2.3 桥面板两侧宜设置滴水檐或者采用护栏包脚，见图 20。

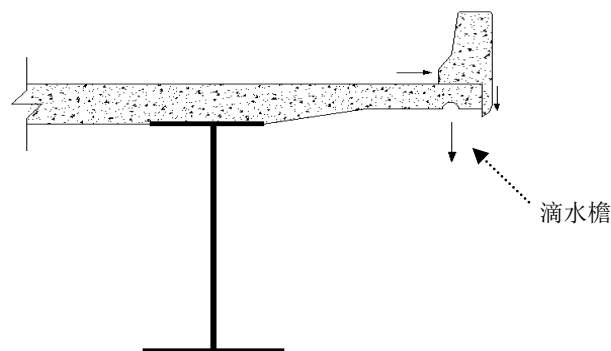


图20 桥面板排水滴水檐细节

7.3 维修空间

7.3.1 墩顶和桥台处纵向及竖向应预留支座顶升空间。在预留顶升位置主梁下翼缘底面设置顶升垫板，腹板设置支承加劲肋，墩台顶面设置顶升支座垫石，见图 21。

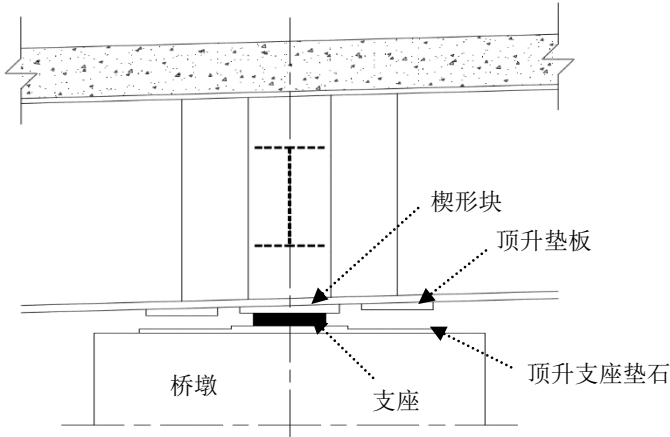


图21 墩台顶面预留支座顶升空间

7.3.2 伸缩缝处墩台宜设置梁端检修通道，宽度宜大于 0.6m，见图 22。

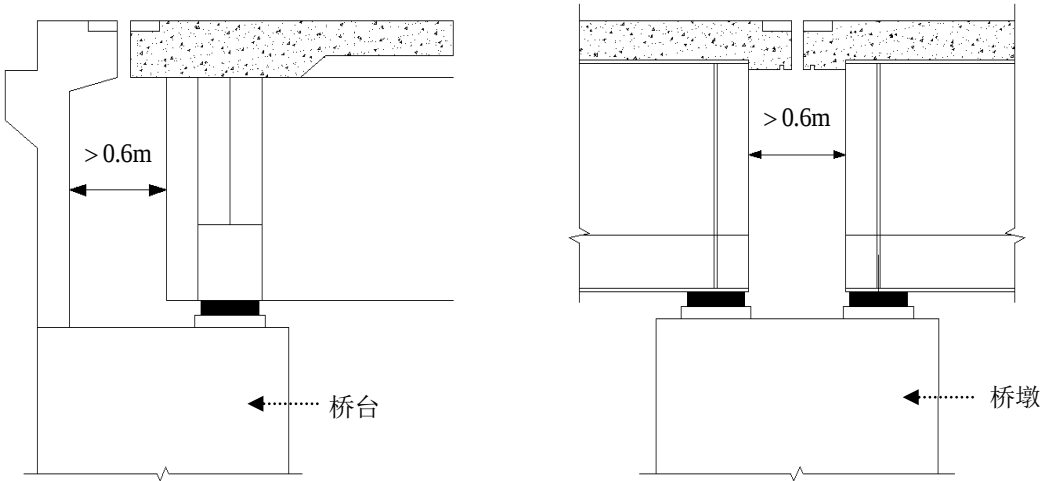


图22 桥墩以及桥台处梁端检修通道

7.4 钢结构

- 7.4.1 组合梁耐久性设计应基于全寿命成本综合确定。
- 7.4.2 钢梁宜采用长效型涂层体系，涂层产品应符合环境保护法规和职业安全健康要求。
- 7.4.3 焊接材料、紧固件等连接材料的耐腐蚀性能不应低于主体材料。

7.5 混凝土桥面板

桥面板应设置可靠的防水层，混凝土抗渗等级不宜低于 W8 级。

7.6 连接件

连接构件的耐久性措施应与主梁一致。栓接部位的摩擦面宜采用无机富锌防滑底漆，摩擦面涂层初始抗滑移系数不应小于 0.55，安装时（6 个月内）涂层抗滑移系数不应小于 0.45。栓接板的搭接缝隙采用耐腐蚀型密封胶处理。

7.7 钢混结合部

7.7.1 预制桥面板与上翼缘板之间宜采用环氧砂浆垫实，沿钢梁上翼缘顶面两侧粘贴可压缩的防水橡胶条，使用密封胶密封。密封橡胶条的布置见图 23。

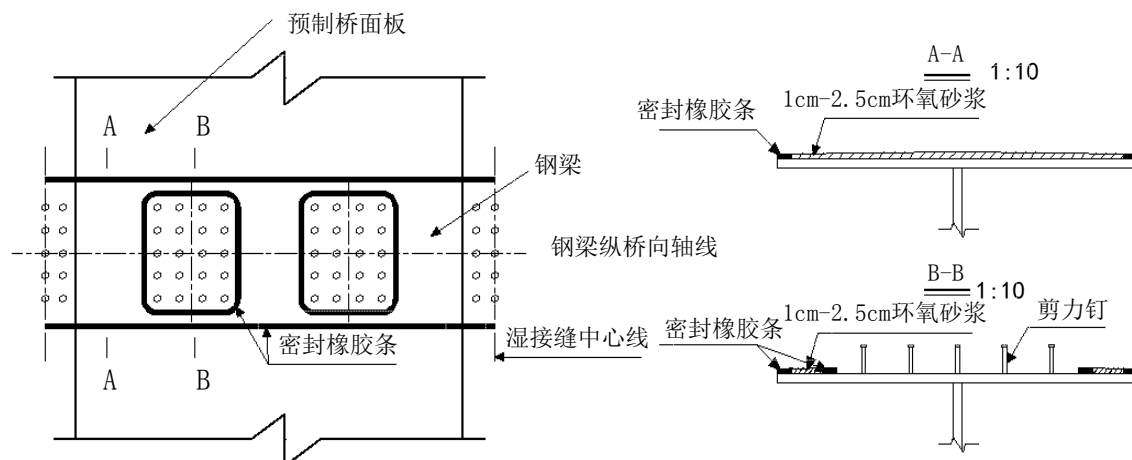


图23 密封橡胶条布置图

7.7.2 对钢梁上翼缘顶面和焊钉连接件宜根据 JT/T 722 进行防腐设计。

8 结构计算

8.1 一般规定

8.1.1 组合梁应进行以下极限状态设计：

- 承载能力极限状态：包括构件和连接的强度破坏、疲劳破坏，结构、构件丧失稳定及结构倾覆；
- 正常使用极限状态：包括影响结构、构件正常使用的变形、开裂及影响结构耐久性的局部损坏。

8.1.2 组合梁设计应根据不同种类的作用及其对结构、构件的影响、桥梁所处的环境条件，考虑以下四种设计状况：

- 持久状况应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计；
- 短暂状况应进行承载能力极限状态设计，必要时进行正常使用极限状态设计；
- 偶然状况应进行承载能力极限状态设计；
- 地震状况应进行承载能力极限状态设计。

8.2 作用及作用组合

8.2.1 组合梁设计应考虑结构上可能出现的所有作用，包括结构重力、基础变位、混凝土收缩和徐变、活载、施工荷载、温度效应等，并按 JTG D60 的规定要求进行作用组合。

8.2.2 组合梁的作用效应计算应符合下列规定：

- 应按弹性方法进行计算，必要时应考虑结构的二阶效应；
- 应考虑施工方法及顺序的影响；
- 应考虑混凝土开裂、混凝土收缩徐变等因素的影响。

8.2.3 主要作用：

- 结构重力：钢构件和混凝土桥面板自重按照构件实际重力计算。初步试算时，钢构件可按照其截面尺寸并考虑 1.15 倍放大系数估算其重力；

- b) 基础变位：超静定结构当考虑由于地基压密等引起的长期变形影响时，应根据最终位移量计算构件的效应。当采用经验估值时，按照 JTG 3363 的规定，相邻墩台间不均匀沉降差值（不包括施工中的沉降）不应使桥面形成大于 2‰的附加纵坡（折角）；
- c) 混凝土收缩和徐变
 - 1) 混凝土收缩产生的效应可按现行 JTG 3362 的相关规定计算；
 - 2) 在进行组合梁桥整体分析时，可采用调整钢材与混凝土弹性模量比的方法考虑混凝土徐变的影响，按照 JTG/T D64-01 的相关规定计算；
 - 3) 超静定结构中混凝土收缩徐变所引起的效应，宜采用有限元方法计算。
- d) 活载：汽车荷载及汽车冲击荷载、人群荷载按照 JTG D60 规定取值；
- e) 施工荷载：作为临时荷载考虑，包含施工模板及支架、人员荷载、施工设备等。对采用的施工工艺，按照施工顺序进行承载能力极限状态验算。根据需要进行正常使用极限状态分析；
- f) 温度效应：组合梁应按现行 JTG D60 的相关规定计算温度效应。

8.2.4 作用组合：

- a) 作用组合按下列两个阶段进行计算：
 - 1) 第一阶段(仅钢梁承受荷载)，现浇混凝土桥面板达到强度设计值前或预制混凝土桥面板与钢梁有效结合前，荷载应考虑预制构件自重及现浇混凝土层自重（组合前恒载）、施工时附加的其他荷载等。
 - 2) 第二阶段(组合梁承受荷载)，现浇混凝土桥面板达到强度设计值后或预制混凝土桥面板与钢梁有效结合后，组合梁按整体计算，荷载应考虑组合构件自重、桥面系自重以及使用阶段可变作用等。
- b) 主要作用组合：
 - 1) 组合前恒载+施工荷载；
 - 2) 恒载+活载；
 - 3) 恒载+活载+徐变+收缩；
 - 4) 恒载+活载+徐变+收缩+温度作用；
 - 5) 恒载+活载+徐变+收缩+温度作用+基础变位；
 - 6) 偶然组合；
 - 7) 地震作用组合。
- c) 进行承载能力极限状态计算时，作用组合采用基本组合；
- d) 进行正常使用极限状态计算时，作用组合采用频遇组合、准永久组合。

8.3 计算模型

8.3.1 组合梁整体稳定、强度、刚度和疲劳分析时，可建立空间有限元模型或平面模型。对形状规则桥梁，可采用平面模型；形状特殊桥梁和超宽桥梁等，宜采用空间有限元模型。

8.3.2 组合梁进行整体内力分析时宜至少采用 2 种不同的计算软件，对桥梁结构进行建模分析，准确模拟施工阶段、成桥阶段荷载作用情况。

8.4 承载能力极限状态计算

8.4.1 强度计算应符合 JTG/T D64-01 的有关规定，计算内容应包括：

- a) 钢梁正、负弯矩区上、下缘翼板应力；
- b) 钢梁腹板竖向抗剪强度；
- c) 钢梁腹板弯剪共同作用下的最大折算应力。

8.4.2 稳定计算应符合 JTG/T D64-01-2015 中 7.3 的有关规定。

8.4.3 抗倾覆设计按 JTG D64-2015 中的 4.2.2 规定计算。

8.4.4 抗疲劳设计按 JTG/T D64-01-2015 中的 7.4、JTG D64-2015 中的 5.5 有关规定计算，并符合以下要求：

- a) 疲劳荷载计算模型 I 对应于整体受力构件具有无限疲劳寿命，正应力幅验算对应常幅疲劳极限，剪应力幅验算对应疲劳截止限。 $\Delta\sigma_b=0.737\Delta\sigma_c$ ， $\Delta\sigma_b$ 为正应力幅常幅疲劳极限， $\Delta\sigma_c=0.405\Delta\sigma_c$ ， $\Delta\sigma_c$ 为正应力幅疲劳截止限， $\Delta\tau_c=0.457\Delta\tau_c$ ， $\Delta\tau_c$ 为剪应力幅疲劳截止限，疲劳细节类别 $\Delta\sigma_c$ 、 $\Delta\tau_c$ 按 JTG D64-2015 附录C 确定；
- b) 当构件和连接不满足疲劳荷载模型 I 验算要求时，应按模型 II 验算在其设计使用周期内的安全性，正应力和剪应力幅对应疲劳细节类别 $\Delta\sigma_c$ 、 $\Delta\tau_c$ ，疲劳细节类别按 JTG D64-2015 附录C 确定；
- c) 桥面系构件应采用荷载模型 III 计算，正应力和剪应力幅对应疲劳细节类别 $\Delta\sigma_c$ 、 $\Delta\tau_c$ ，疲劳细节类别按 JTG D64-2015 附录C 确定。

8.4.5 抗剪连接件承载能力极限状态按 JTG/T D64-01-2015 中的 9.3.3 规定计算。

8.4.6 预应力桥面板承载能力极限状态按 JTG 3362-2018 中的 5.2 规定计算。

8.5 正常使用极限状态计算

8.5.1 组合梁钢筋混凝土桥面板裂缝宽度按 JTG/T D64-01-2015 中的 7.5 规定计算。

8.5.2 组合梁变形按 JTG/T D64-01-2015 中的 7.6 规定计算。

8.5.3 抗剪连接件正常使用极限状态按 JTG/T D64-01-2015 中的 9.3.3 规定计算。
