



T/CECS XXX-2023

中国工程建设标准化协会标准

公路桥梁钢-混凝土组合桥面板技术规程

Technical specification for steel-concrete composite deck in highway bridge

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会标准

公路桥梁钢-混凝土组合桥面板技术规程

Technical specification for steel-concrete composite deck in highway bridge

T/CECS XXX-2023

主编单位：中铁长江交通设计集团有限公司

重庆大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

人民交通出版社股份有限公司

20XX 北京

前 言

《公路桥梁钢-混凝土组合桥面板技术规程》(以下简称“规程”)是根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2023 年第二批中国工程建设标准化协会标准(CECS G)制修订项目编制工作的通知》(中建标公路[2023]279 号)的要求进行编制。编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,采纳最新研究成果,参考国内外相关标准,在广泛征求意见基础上,制定本规程。

本规程共分 8 章,主要内容包括:总则,术语和符号,基本规定,材料,结构与构造,设计,施工,维护。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理,由中铁长江交通设计集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中,如有意见或建议,请反馈给解释单位(地址:重庆市渝北区财富大道 17 号财富 2 号 c 栋,邮编:401121,邮箱:56984982@qq.com)。

主 编 单 位: 中铁长江交通设计集团有限公司

重庆大学

参 编 单 位: 重庆交通大学

同济大学

山东省交通规划设计院集团有限公司

中建桥梁有限公司

常州诚加利高分子材料有限公司

中铁宝桥集团有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

山东公用建设集团有限公司

中交一公局第七工程有限公司

主要起草人: 陈奉民 秦凤江 范 亮 徐骁青 徐常泽

张丽娟 曹海清 谢小华 陈 新 陈耀军

许天祥 熊 扬 岳伟勤 刘 辉 张剑峰

刘 伟 陆彬杰 章铁军 田 卿 杨 凯

芦文文 赵延露 曹明瑞 蔡东波 罗长青

主要审查人: XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

XXXX XXXX

目 录

1 总则	3
2 术语和符号	4
2.1 术语.....	4
2.2 符号.....	4
3 基本规定.....	8
4 材料	9
4.1 钢材.....	9
4.2 混凝土.....	9
4.3 垫条.....	10
5 结构与构造	12
5.1 结构形式.....	12
5.2 构造规定.....	14
6 设计	20
6.1 一般规定.....	20
6.2 设计作用力.....	21
6.3 接头与连接.....	21
6.4 承载能力极限状态计算.....	22
6.5 正常使用极限状态计算.....	28
6.6 短暂状况构件计算.....	29
6.7 疲劳设计.....	30
6.8 防锈防腐设计.....	30
7 施工	31
7.1 一般规定.....	31
7.2 钢底模的制造与运输.....	31
7.3 钢底模现场安装.....	32
7.4 混凝土浇筑.....	33
8 维护	36

8.1 检查维护内容.....	36
8.2 检查方法.....	36
8.3 维修和加固.....	37

1 总则

- 1.0.1** 为规范公路桥梁钢-混凝土组合桥面板的设计、制作、施工和维护，按照安全适用、环保耐久、技术先进和经济合理的原则，制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于公路桥梁钢-混凝土组合桥面板的设计、制作、施工和维护。
- 1.0.3** 钢-混凝土组合桥面板适用于梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥的桥面结构。
- 1.0.4** 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计法，按分项系数的设计表达式进行设计。
- 1.0.5** 钢-混凝土组合桥面板的设计、制作、施工和维护除应符合本规程相关规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢-混凝土组合桥面板 Steel-concrete composite deck

由钢底板和混凝土通过连接件组合而成整体共同受力的桥面结构。

2.1.2 钢底板 Steel bottom plate

组合桥面板底部参与受力并兼作混凝土浇筑模板的钢板。

2.1.3 连接件 Connector

将钢底板和混凝土板连接成整体的部件，能同时抵抗钢-混凝土界面的切向相对滑移与法向分离。

2.1.4 加劲肋 Stiffener

焊接在钢底板上表面，与钢底板共同受力的部件。

2.1.5 钢底模 Steel base formwork

由钢底板、连接件、加劲肋及连接角钢组成的构件。

2.1.6 补偿收缩混凝土 Shrinkage-compensating concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配置的自应力为 0.2~1.0MPa 的混凝土。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

E_c —— 混凝土的弹性模量；

E_s —— 钢材的弹性模量；

G_c —— 混凝土的剪切模量；

G_s —— 钢材的剪切模量；

f_{ck} 、 f_{cd} —— 混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_{td} —— 混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f_y —— 钢材屈服强度；

f_{vd} —— 钢材抗剪强度设计值；

f_{vp} —— 钢材的塑性抗剪强度设计值；

f_d —— 钢材抗拉（或抗压）强度设计值；

- f_{sd} —— 钢筋抗拉（或抗压）强度设计值；
 f_{d1} —— 栓钉连接件的抗拉强度设计值；
 f_{st} —— 开孔钢板中贯穿钢筋抗拉强度设计值；
 f_f^w —— 开孔钢板与钢底板间焊缝强度设计值。

2.2.2 作用与作用效应

- M_d —— 钢-混凝土组合桥面板的弯矩设计值；
 M_s —— 按荷载短期效应组合计算的弯矩设计值；
 F_{1d} —— 钢-混凝土组合桥面板的冲切力设计值；
 V_d —— 钢-混凝土组合桥面板斜截面上的剪力设计值；
 V_{ue} —— 混凝土的斜截面抗剪承载力设计值；
 V_{us} —— 钢底板的斜截面抗剪承载力设计值；
 V_{zd1} —— 单个栓钉连接件抗剪承载力设计值；
 V_{zd2} —— 开孔钢板连接件单孔的抗剪承载力设计值；
 V_s —— 开孔钢板连接件孔间钢板抗剪承载力设计值；
 N_v —— 开孔钢板焊缝承载力设计值；
 V_{zd} —— 混合连接件抗剪承载力设计值。

2.2.3 几何参数

- b_{cm} —— 钢-混凝土组合桥面板的有效工作宽度；
 b —— 钢-混凝土组合桥面板的单位宽度；
 b_m —— 集中荷载在钢-混凝土组合桥面板的分布宽度；
 L —— 板的计算跨度；
 L_p —— 荷载作用点至钢-混凝土组合桥面板支撑的较近距离；
 a_c —— 荷载长度；
 b_c —— 荷载宽度；
 h_f —— 铺装层厚度；
 h_c —— 混凝土板的厚度；
 h_0 —— 钢-混凝土组合桥面板截面的有效高度；
 A_s —— 混凝土板上缘钢筋的截面面积；
 a_s —— 受压区钢筋合力点到混凝土板上缘距离；

- x_c —— 混凝土板的受压区高度；
 x_s —— 钢底板的受压区高度；
 t —— 钢底板的厚度；
 c_p —— 临界周界长度；
 A_{sl} —— 栓钉连接件钉杆截面面积；
 d —— 栓钉连接件栓钉杆直径；
 W_r —— 钢-混凝土组合桥面板剪力作用范围内的有效肋宽；
 d_p —— 开孔钢板连接件开孔直径；
 t_0 —— 开孔钢板连接件板厚；
 h_l —— 开孔钢板连接件高度；
 A_{pb1} —— 开孔钢板连接件的面积；
 A_w —— 开孔钢板连接件孔间钢板最小平面（纵向）截面积；
 d_{st} —— 开孔钢板中贯穿钢筋直径；
 d_s —— 受拉区纵向钢筋的直径；
 d_{pb1} —— 开孔钢板的换算直径；
 d_{eq} —— 受拉区纵向钢筋和开孔钢板的等效直径；
 l_w —— 开孔钢板孔间的焊缝长度；
 h_e —— 开孔钢板与钢底板间的焊缝高度；
 ω —— 永久荷载作用产生的挠度；
 ω_{fk} —— 最大裂缝宽度。

2.2.4 计算系数及其他

- γ_0 —— 桥梁结构的重要性系数；
 γ —— 构件系数；
 λ —— 钢-混凝土组合桥面板计算截面的剪跨比；
 C_1 —— 钢筋表面形状系数；
 C_2 —— 作用（或荷载）长期效应影响系数；
 C_3 —— 与构件受力性质有关的系数；
 σ_{ss} —— 荷载短期效应组合下负弯矩纵向钢筋应力；
 ρ_e —— 纵向受拉钢筋和受拉区开孔钢板的配筋率之和；

- v_1 —— 钢筋的相对黏结特性系数；
 v_2 —— 开孔钢板连接件的相对黏结特性系数；
 n_1 —— 受拉区纵向钢筋的换算根数；
 n_2 —— 单位宽度开孔钢板列数；
 f_q —— 钢-混凝土组合桥面板的计算自振频率。

3 基本规定

3.0.1 钢-混凝土组合桥面板应进行以下极限状态设计：

1 承载能力极限状态：对应于钢-混凝土组合桥面板及其构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形或变位的状态；

2 正常使用极限状态：对应于钢-混凝土组合桥面板及其构件达到正常使用或耐久性的某项限值的状态。

3.0.2 钢-混凝土组合桥面板应根据不同种类的作用（或荷载）及其对桥梁的影响以及桥梁所处的环境条件，考虑以下四种设计状况进行相应的极限状态设计：

1 持久状况：桥梁建成后承受自重、车辆荷载等持续时间很长的状况。应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计；

2 短暂状况：桥梁施工过程或维护过程中承受临时性作用（或荷载）的状况。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；

3 偶然状况：桥梁在服役期内可能偶然出现异常的状况。应进行承载能力极限状态设计；

4 地震状况：桥梁在遭受地震作用时的状况，在抗震设防地区应计入地震设计状况。应进行承载能力极限状态设计。

3.0.3 钢-混凝土组合桥面板为桥梁主体结构，设计使用年限应满足《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的规定；钢结构涂装体系应根据桥位环境，按照《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）选用。

3.0.4 钢-混凝土组合桥面板在计算温度效应时，应考虑钢材和混凝土材料不同的线膨胀系数引起的效应影响。

3.0.5 钢-混凝土组合桥面板宜按单向板设计。

条文说明

作为纵桥向单向板时，应叠加桥面板主梁第一体系应力与桥面板第二体系应力。连续钢-混凝土组合梁宜按横桥向单向板设计，避免中支点负弯矩引起的拉应力过大。

3.0.6 钢-混凝土组合桥面板应根据组合截面形成过程对应的各工况和结构体系进行计算。

4 材料

4.1 钢材

4.1.1 钢材的设计指标应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64) 的规定。

4.1.2 钢底板可采用免涂装耐候钢，其耐大气腐蚀指数应不小于 6.5，质量应符合现行《桥梁用结构钢》(GB/T 714) 的规定。

4.1.3 钢-混凝土组合桥面板中连接件可采用圆柱头栓钉，其技术参数应符合现行《电弧螺柱焊用圆柱头栓钉》(GB/T 10433) 的规定。

4.2 混凝土

4.2.1 钢-混凝土组合桥面板采用的混凝土强度等级不宜低于 C40，应采用高性能补偿收缩混凝土，其指标应满足现行《补偿收缩混凝土应用技术规程》(JTJ/T 178) 的规定。

条文说明

补偿收缩混凝土水中 14d 的限制膨胀率 $\geq 0.025\%$ ，水中 14d 转空气中 28d 的限制膨胀率 $\geq -0.02\%$ ，膨胀剂的掺量应根据实验确定，同时 28d 抗渗等级应达到 W8。

4.2.2 钢-混凝土组合桥面板的混凝土采用泵送法运输时，其初始坍落度不宜大于 200mm，扩展度不宜小于 450mm；采用罐车运输时，其初始坍落度不宜大于 140mm，浇筑时坍落度不宜大于 120mm。

4.2.3 钢-混凝土组合桥面板的混凝土宜采用高效保塑、缓凝的聚羧酸系减水剂，其减水率不宜低于 25%，且应对混凝土和钢材无害。

4.2.4 采用的外加剂应满足下列要求：

- 1** 外加剂的合理掺量应针对不同原材料通过试配确定；
- 2** 减水剂中氯离子含量不应大于混凝土中胶凝材料总量的 0.02%，硫酸钠含量不应大于减水剂干重的 15%；
- 3** 不应使用氯化钠、氯化钙等氯盐类外加剂，不宜使用早强剂；
- 4** 不宜使用亚硝酸钠类阻锈剂。

条文说明

减水剂超量或欠量使用时，应明确对混凝土的有害影响和减水剂掺加方法。

4.3 垫条

4.3.1 钢底板与钢梁间的垫条宜采用橡塑复合垫条，垫条应具备密封、止水及调节横坡的作用。

条文说明

传统垫条采用单一材料加工，通过自身压缩可达到密封、止水的作用，但对于广泛应用于小半径曲线桥梁的组合桥面板，单一材料垫条无法适应横坡的变化，建议采用由双层不同材料组成的复合垫条，复合垫条下层偏硬，能够保证压缩后垫条的厚度，复合垫条上层偏软，用于保证密实性及适应横坡变化，其中上层高度为垫条总高度的20%~30%。

4.3.2 橡塑垫条的尺寸规格如下：

- a) 长度（mm）为2000。
- b) 高度分为11级（mm）：10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60。
- c) 宽度分为7级（mm）：30, 50, 60, 70, 80, 90, 10。

4.3.3 橡塑复合垫条上、下层材料的相对形变与压缩应力关系见表 4.3.3-1 和表 4.3.3-2：

表 4.3.3-1 上层聚烯烃材料的相对形变-压缩应力关系表

相对形变	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
压缩应力（MPa）	0.06	0.08	0.11	0.15	0.22	0.34	0.61

表 4.3.3-2 下层聚丙乙烯材料的相对形变-压缩应力关系表

相对形变	5%	10%	15%	20%	25%
压缩应力（MPa）	0.48	0.61	0.62	0.65	0.68

4.3.4 橡塑垫条的无应力高度根据式 4.3.4 计算：

$$H_0 = H_g / (1 - \varepsilon_g) \quad (4.3.4)$$

式中： H_g —— 橡塑垫条承载变形后的最终高度，mm；

H_0 —— 橡塑垫条的无应力高度（取正整数），mm；

ε_g —— 橡塑垫条的相对形变。根据垫条材料按表 4.3.3-1 和表 4.3.3-2 取值。

4.3.5 橡塑垫条的宽度根据式 4.3.5-1 计算：

$$W=F/(L \cdot E \cdot \varepsilon_g) \quad (4.3.5)$$

式中： W —— 橡塑垫条受压面的宽度， mm；

F —— 橡塑垫条承受的压缩荷载， N；

L —— 橡塑垫条的承载长度， mm；

E —— 相对压缩模量， MPa。

4.3.6 橡塑复合垫条的物理及力学性能应符合下表规定。

表 4.3.6-2 上层聚烯烃材料性能指标

检验项目	技术要求	单位
邵氏硬度	20 ± 5	邵氏 A
表观密度	200 ± 15	kg/m^3
低温脆性	-60 °C无裂纹	/
耐臭氧老化 (40 °C, 48 h, 拉伸 20%, 200 pphm)	无龟裂	/
相对压缩模量 (60%)	0.57 ± 0.07	MPa
拉伸强度	≥ 2	MPa
断裂伸长率	≥ 230	%
撕裂强度	≥ 7	kN/m

表 4.3.6-1 下层聚丙乙烯材料性能指标

检验项目	技术要求	单位
邵氏硬度	70 ± 5	邵氏 A
吸水率	$\leq 2\%$	%
表观密度	230 ± 15	kg/m^3
低温脆性	-45 °C无裂纹	/
耐臭氧老化 (40 °C, 48 h, 拉伸 20%, 200 pphm)	无龟裂	/
10%形变时抗压强度	≥ 0.5	MPa
相对压缩模量 (15%)	4.5 ± 0.5	MPa
拉伸强度	≥ 1.4	MPa
断裂伸长率	≥ 80	%
撕裂强度	≥ 5	kN/m
恒定压缩永久变形 (压缩率 15%, 22h)	≤ 20	%
热空气老化 (70 °C, 168 h)	断裂伸长变化率	≤ 25
	拉伸强度变化率	≤ 15

5 结构与构造

5.1 结构形式

5.1.1 本规程钢-混凝土组合桥面板由钢底板、加劲肋、连接角钢、连接件、钢筋网及混凝土组成。

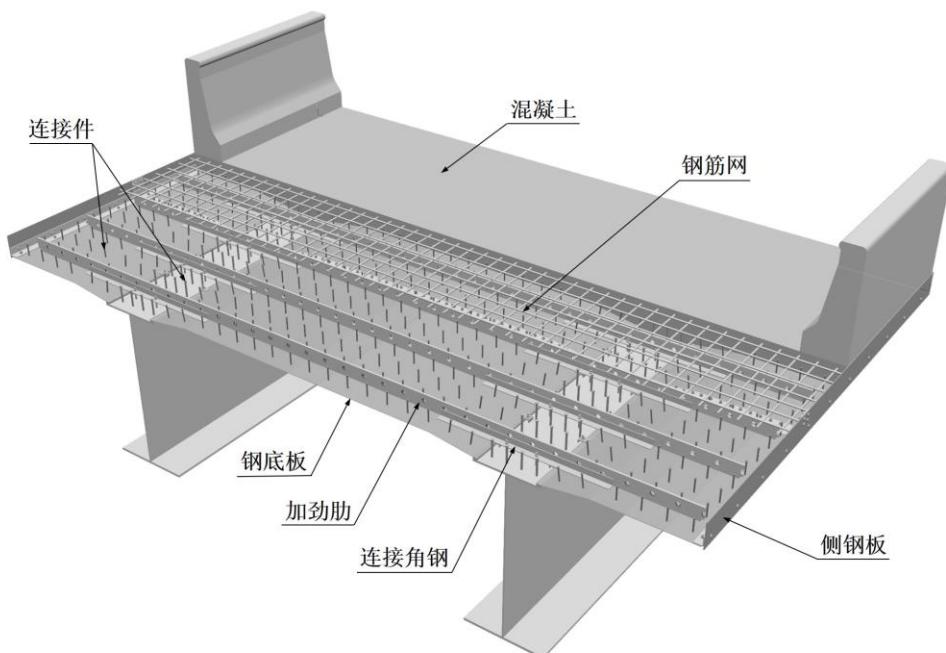


图 5.1.1 钢混组合桥面板的组成

条文说明

组合桥面板由钢底模和混凝土两部分组成，钢底模宜在工厂内制造成横向整体、纵向一定长度的节段组件，运至桥位现场进行纵向拼装。

5.1.2 钢-混凝土组合桥面板的钢底板应设置加劲肋，加劲肋等间距布置，可采用板肋、开孔钢板肋、T形肋、U形肋或槽形肋等，还可采用钢筋桁架实现同等作用。

条文说明

加劲肋主要作用是在混凝土浇筑时给钢底板提供面外支撑刚度，当桥面板跨度较大时，可通过加强加劲肋尺寸，提高桥面板的跨越能力。加劲肋腹板开孔时可兼作连接件。

5.1.3 钢-混凝土组合桥面板在钢与混凝土交界面应设置连接件，可采用栓钉连接件、开孔钢板连接件等。

5.1.4 钢-混凝土组合桥面板的钢底模应按分块加工成节段后，再运至现场拼装成整体。纵桥向分块宽度结合运输条件不宜大于 2.5m；横桥向原则上不分块，当桥面较宽，超过运输长度时，可分成两块，分块位置宜设置在钢主梁顶板区域内。

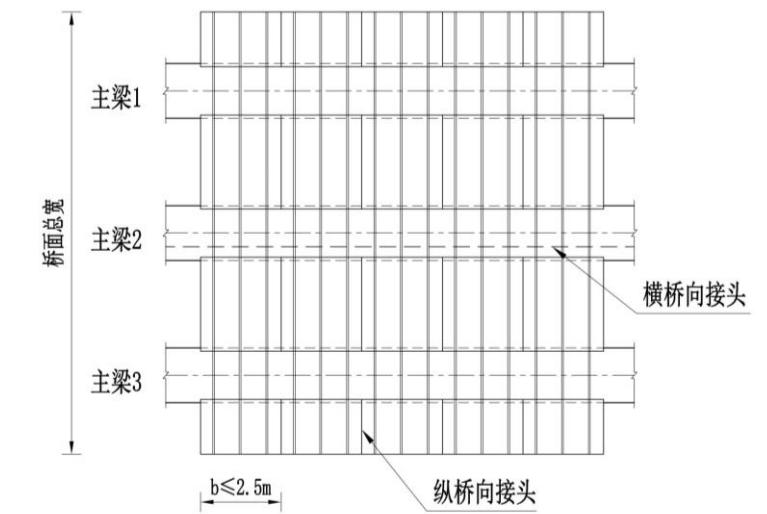


图 5.1.4 钢底模分块示意

5.1.5 曲线桥梁的钢底模应按梯形单元进行分块，较宽侧的宽度应满足运输要求。

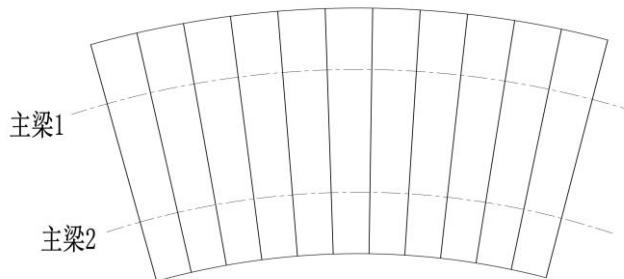
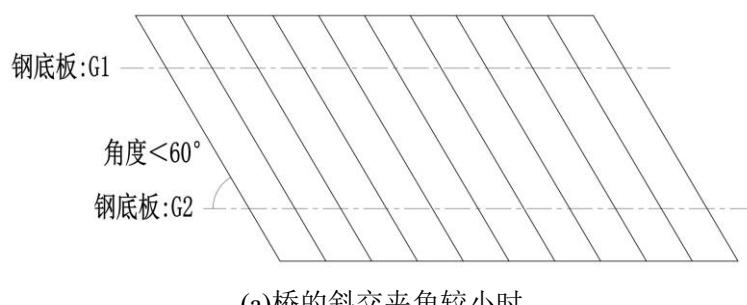
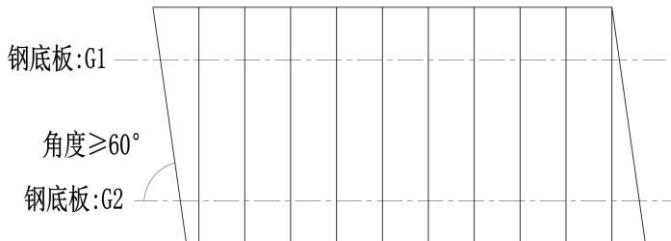


图 5.1.5 曲线桥梁钢底模布置

5.1.6 对于斜交桥梁，当斜交夹角小于 60°时，钢底模单元应按平行四边形布置，将桥面板跨度设计成斜角方向；当斜交夹角大于或等于 60°时，除梁端钢底模按梯形布置外，其余按矩形布置。



(a) 桥的斜交夹角较小时



(b) 桥的斜交夹角较大时

图 5.1.6 斜交桥梁钢底模布置

5.1.7 桥面板横坡可根据如下方式进行设置：

1 当为单向坡时，主梁一般按水平、不等高程布置，桥面横坡通过改变承托高度实现横坡变化。

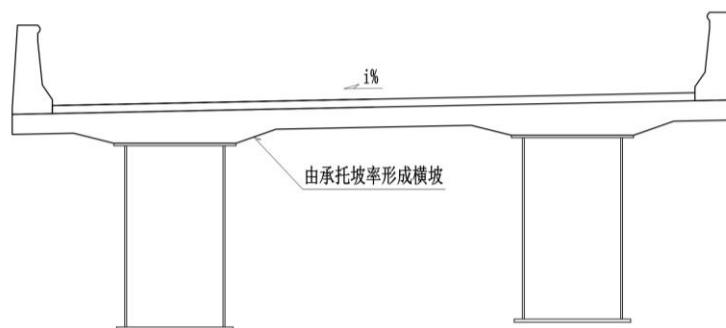


图 5.1.7-1 单向坡布置

2 当为双向坡时，主梁一般按水平、等高程布置，桥面横坡通过在桥面板上方设置三角垫层实现横坡变化。

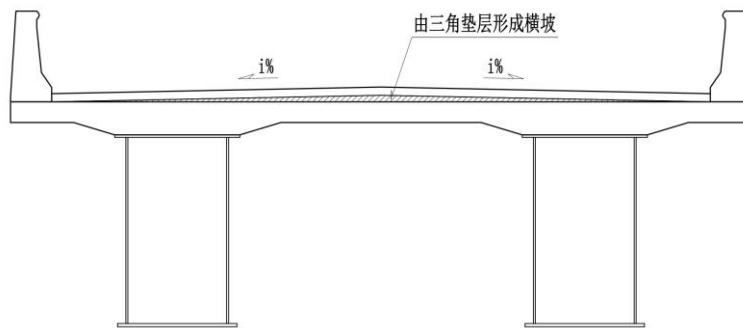


图 5.1.7-2 双向坡布置

条文说明

钢底模加工时，钢底板折弯处理简便，但钢底板上方加劲肋折角困难，因此加劲肋宜采用同一坡度。

5.2 构造规定

5.2.1 钢-混凝土组合桥面板应设置承托，承托斜率宜取 1:3~1:5，承托高度宜控制在 100mm 左右。

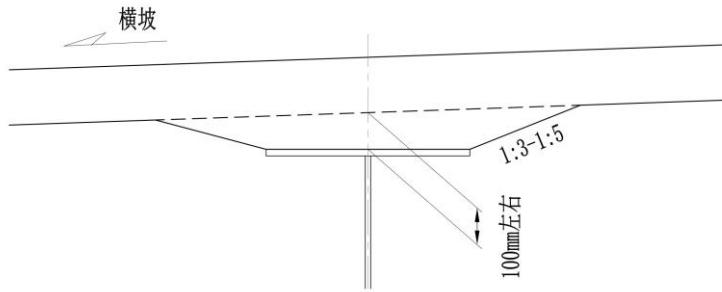


图 5.2.1-1 钢-混凝土组合桥面板承托设置

条文说明

通过设置承托可以提高桥面板根部的刚度，通过承托高度的调节可以适应桥面横坡的变化。当承托斜率较陡大于 1:3 时，可将桥面板一侧的承托以 1:3 的斜率延伸至翼缘板前端截面，该深度与桥面板厚度相加即为有效厚度，见下图。

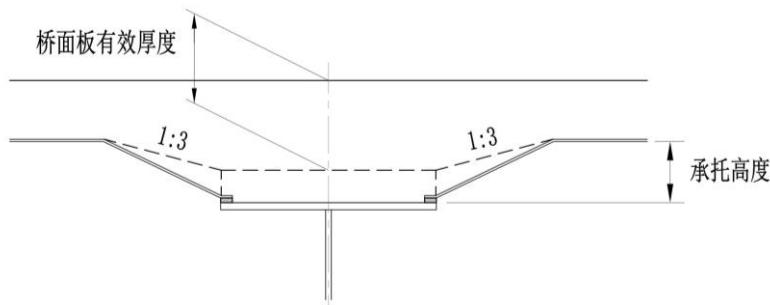


图 5.2.1-2 大斜率承托的钢-混凝土组合桥面板有效厚度计算

5.2.2 梁端桥面板应进行加厚设计，加厚长度不宜小于 2m。



图 5.2.2 梁端部横截面形状示例

5.2.3 梁端桥面板宜支撑在端支点横梁上，端支点横梁应设置挑梁对桥面板悬臂翼缘进行支撑。

条文说明

相比于其他部位的桥面板，梁端部桥面板连续性被切断，将产生较大的弯矩；其次，伸缩装置附近路面不平顺，容易受到汽车荷载带来的巨大冲击。因此，相比于其他部位的桥面板，梁端桥面板更易破损。为避免发生这种情况，一般在端

头设置支架等进行支撑，并对梁端桥面板进行加厚。

5.2.4 钢底板的工地连接宜采用摩擦型高强度螺栓接头。

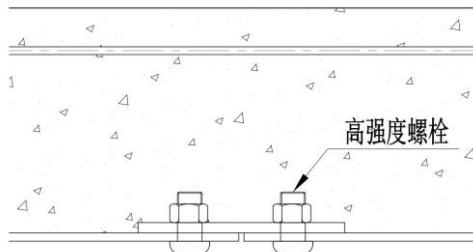


图 5.2.4 摩擦型高强度螺栓接头示意

条文说明

钢底板的接头必须具有与一般钢底板同等的承载能力和耐久性。摩擦型高强度螺栓接头方式是通过钢底板进行应力传递。

5.2.5 加劲肋与钢底板间的连接在加劲肋与钢底板协同受力时应采用双面满焊的方式，不考虑加劲肋与钢底板协同受力时宜采用断续焊的方式，焊脚高度不宜小于 6mm。

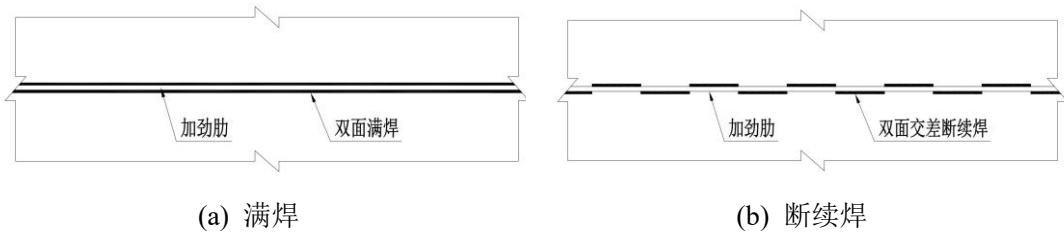


图 5.2.5 钢板加劲肋与钢底板焊接

5.2.6 加劲肋的间距宜为 50~70cm，加劲肋应与单向组合桥面板的主要受力方向保持一致。

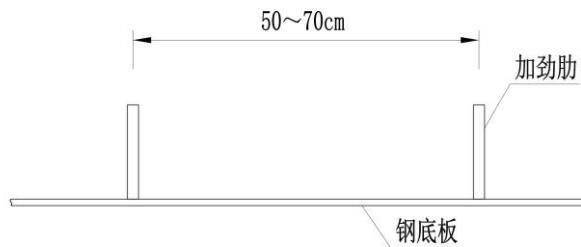


图 5.2.6 加劲肋布置图

5.2.7 钢底模与钢梁间应设置临时固定件进行连接，固定件强度应能抵抗钢底模自重及混凝土湿重产生的滑移或剥离效应。

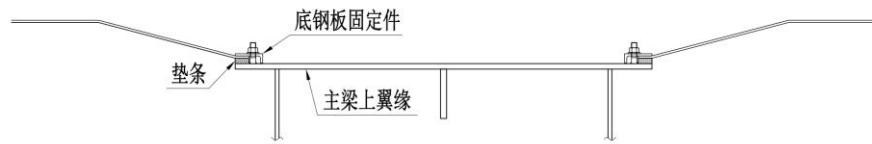


图 5.2.7-1 钢底板固定示意

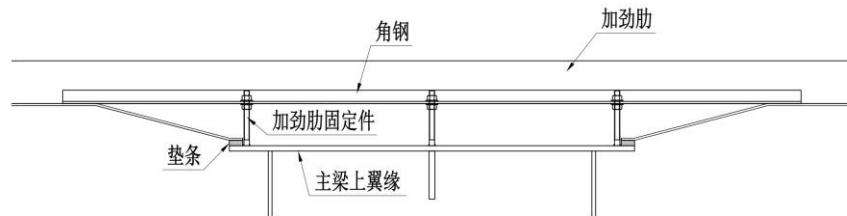


图 5.2.7-2 加劲肋固定示意

5.2.8 钢底模的侧钢板与钢底板间的连接可采用螺栓接头或焊接接头。

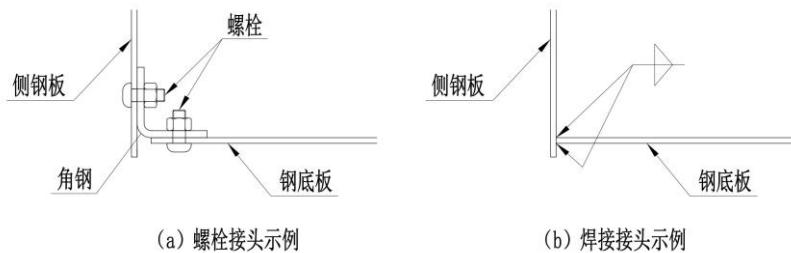


图 5.2.8 侧钢板安装示意

5.2.9 为便于排水，侧钢板下端宜伸出钢底板底面 20mm；为避免混凝土浇筑时溢出，侧钢板上端宜伸出顶平面 20mm；为防止雨水等从钢板和混凝土的边界处渗入，应在分界处填充密封材料。

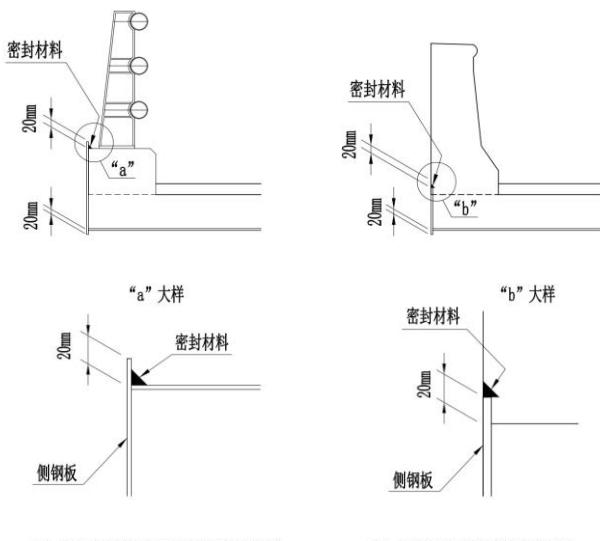


图 5.2.9 侧模板高度设置示意

5.2.10 钢底板坡度较低的位置宜设置直径 25mm 左右的排水兼监测孔，排水兼监测孔宜设置于承托附近，如桥面板中间设置有隔离带，宜在其正下方增设监测孔。

条文说明

组合桥面板应采用可预防干燥收缩导致早期裂缝的补偿收缩混凝土，而且为防止产生裂纹后雨水渗入桥面板，需进行防水施工。但是，雨水可能会从桥面板混凝土已产生裂纹的防水层破损部浸入，或者从墙式护栏的边界表面浸入。因此，除采取防止雨水浸入的措施外，还宜在适当位置设置排水兼监测孔，通过实时监测保持健康状态。

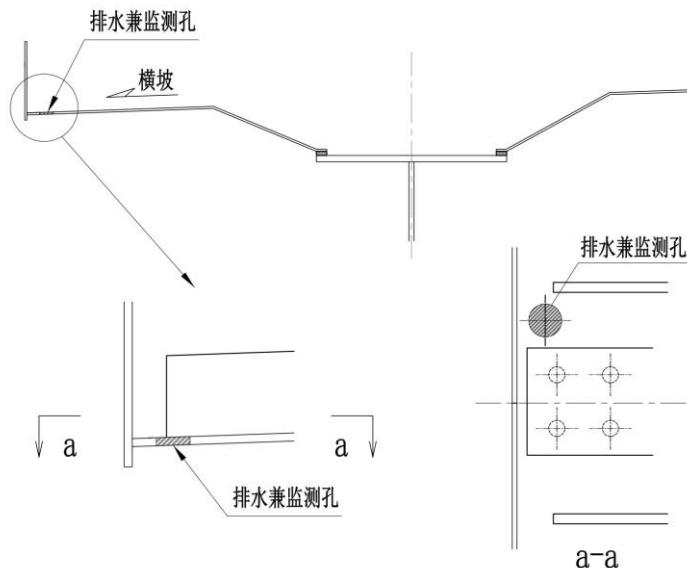


图 5.2.10-1 排水兼监测孔设置

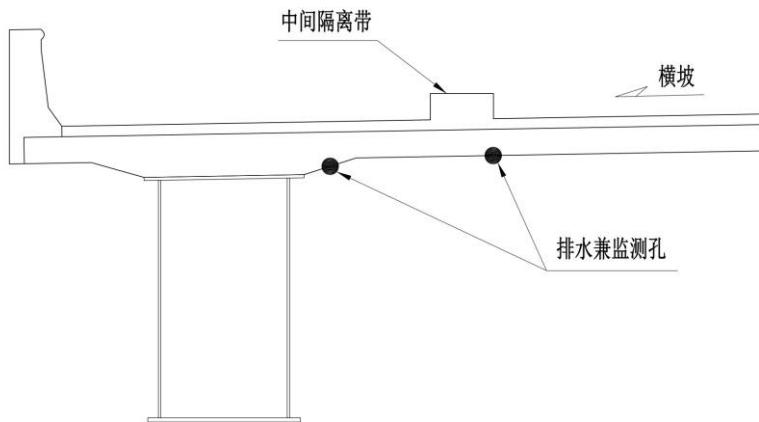


图 5.2.10-2 主梁间排水兼监测孔设置

- 5.2.11** 桥面板钢筋宜采用 HRB400 带肋钢筋，其标准直径宜为 14~25mm。
- 5.2.12** 桥面板钢筋的中心间距不应小于 100mm 且不应大于 300mm，且受拉主筋的中心间距不得超过桥面板的总厚度。
- 5.2.13** 应设置排水装置以降低雨水对桥面板耐久性的不利影响。
- 5.2.14** 桥面板混凝土上表面应设置防水层以防止雨水渗入桥面板内部。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 桥面板的跨度不宜大于 6m，悬臂长度不宜大于 2.5m，悬臂长度与跨度之比宜控制在 0.4 左右；如悬臂部分有较大荷载作用时（如声屏障等），或悬臂长度超过 2.5m，宜设置纵梁或支撑架。

6.1.2 组合桥面板的桥面板最小厚度（包含混凝土和钢底板厚度在内）应按式（6.1.2）计算，且不宜小于 160mm。

$$h_c = 25L + 100 \quad (6.1.2)$$

式中： h_c —— 桥面板的最小厚度（mm）；

L —— 桥面板的计算跨径（m）。

条文说明

本规程对桥面板跨间部分的最小厚度做出了规定，当悬臂与跨间长度之比大于 0.4 或最大悬臂长度超过 2.5m 时，应重点核实悬臂部分的受力，可调整悬臂部的承托斜率，确保悬臂受力安全。

6.1.3 钢底板最小厚度不宜低于 6mm，加劲肋钢板厚度宜根据桥面板具体跨度计算确定，其最小厚度不宜低于 8mm，加劲肋高厚比应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)的相关规定。

条文说明

少主梁体系钢-混凝土组合梁主梁间距变化范围较大，采用固定加劲肋尺寸经济性较差，因此，加劲肋尺寸需根据具体计算确定。同时，为了保证加劲肋自身刚度，其最小板厚不宜低于 8mm。

6.1.4 钢-混凝土组合桥面板长边与短边之比小于 2 时应按双向桥面板进行设计和计算，长边与短边之比大于等于 2 时应按单向桥面板进行设计和计算。

6.1.5 钢-混凝土组合桥面板的钢底板应作为桥面板的受力构件进行计算。

6.1.6 钢-混凝土组合桥面板结构设计时，应对桥面板钢底模在运输、安装及混凝土浇筑过程中的安全性进行验算。

条文说明

桥面板钢底模既作为混凝土浇筑模板，又参与组合截面受力，因此应对钢底

模进行强度和刚度验算。栓钉对钢底模的刚度贡献较小，可忽略其影响。

6.1.7 钢-混凝土组合桥面板结构计算时，需考虑桥面板有效宽度。混凝土凝固前，钢底模有效宽度应按《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)计算；混凝土凝固后，桥面板有效宽度应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)计算。

6.2 设计作用力

6.2.1 恒载应通过材料理论重量确定，常用材料单位重度可参考《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)。

6.2.2 活载应按照现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)取值。

6.2.3 连接件水平剪切力可参考公式(6.2.3-1)和公式(6.2.3-2)计算。

$$Q_s = k(0.04L + 0.72)P \quad (6.2.3-1)$$

$$Q_L = \frac{Q_s \cdot S}{I_{un}} \cdot \frac{p}{n} \quad (6.2.3-2)$$

式中： Q_s —— 作用于板的剪切力 (kN/m);

k —— 由连接件形式决定的荷载作用分担率，对于刚性连接件， k 值可取为 1.0，对于柔性连接件，需结合其刚度选取适当的 k 值；

L —— 桥面板跨度 (m);

P —— 车轮荷载 (kN);

Q_L —— 作用于连接件的水平剪切力 (kN/个);

S —— 混凝土板对组合梁截面中和轴的面积矩 (mm^3);

I_{un} —— 组合梁的未开裂截面惯性矩 (mm^4);

p —— 所考虑的剪切力方向的连接件间距 (mm);

n —— 所考虑的剪切力垂直方向单位宽度 (1m) 内的连接件布置数量 (个)。

6.3 接头与连接

6.3.1 钢底模各构部件间的连接可采用焊接和螺栓连接，并应符合下列规定：

1 工厂内进行加工的钢底模节段各部件间的连接优先采用焊接，工地钢底模节段间的连接优先采用螺栓连接；

- 2** 桥位区钢底模与钢主梁顶板间的连接优先采用螺栓连接；
3 螺栓连接可分为普通螺栓连接和高强螺栓连接，主要受力构件应采用高强螺栓摩擦型连接，次要构件连接、结构构造连接和临时连接可采用普通螺栓连接。

条文说明

焊接设计时应考虑减少桥位区焊接作业量，钢底板较薄，现场焊接变形量较大，现场无法进行矫正，因此焊接工作尽量在工厂内完成。

6.3.2 钢底板和加劲肋螺栓连接接头的螺栓数量宜按等强要求进行计算。

6.4 承载能力极限状态计算

6.4.1 钢-混凝土组合桥面板应进行桥面板的正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力和抗冲剪承载力以及连接件的抗剪承载力等极限承载力状态计算。

6.4.2 以钢-混凝土组合桥面板为翼缘的钢梁的承载力计算应按相关规范执行。

6.4.3 钢-混凝土组合桥面板的正截面抗弯承载力采用塑性设计方法计算，假定截面受拉区和受压区的材料均达到各自强度设计值。

条文说明

根据试验结果，钢-混凝土组合桥面板发生正截面弯曲破坏时，受拉区和受压区的材料达到相应的强度设计值。

6.4.4 正弯矩极限承载力应验算钢-混凝土组合桥面板的跨中截面；负弯矩极限承载力应验算钢-混凝土组合桥面板的承托与板交界处截面以及板根部截面。

6.4.5 钢-混凝土组合桥面板的混凝土的收缩徐变效应可根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362) 的规定计算，收缩效应宜乘以 0.4 的折减系数，徐变效应宜乘以 0.5 的折减系数。

条文说明

本规程钢-混凝土组合桥面板采用高性能补偿收缩混凝土，且混凝土受钢底板约束，其收缩率较常规混凝土显著降低，故规定高性能补偿收缩混凝土的收缩徐变效应在《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362) 相关规定的基础上进行折减。

6.4.6 正弯矩区钢-混凝土组合桥面板的抗弯承载力计算应符合下列规定：

- 1** 塑性中和轴位于混凝土截面内（图 6.4.6-1），即 $f_{db}t \leq f_{cd}bh_c + f_{sd}A_s$ 时，抗弯

承载力应按下列公式计算：

$$\gamma_0 M_d \leq f_{cd} b x_c (h_0 - \frac{x_c}{2}) + f_{sd} A_s (h_0 - a_s) \quad (6.4.6-1)$$

$$h_0 = h_c + \frac{t}{2} \quad (6.4.6-2)$$

$$f_d b t = f_{cd} b x_c + f_{sd} A_s \quad (6.4.6-3)$$

式中： γ_0 —— 桥梁结构重要性系数，取 1.1；

M_d —— 弯矩设计值 (N·mm)；

f_{cd} —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa)；

b —— 钢-混凝土组合桥面板单位宽度 (mm)；

x_c —— 混凝土板受压区高度 (mm)；

h_0 —— 截面有效高度 (mm)。

f_{sd} —— 普通钢筋抗拉(或抗压)强度设计值 (MPa)；

A_s —— 混凝土板上缘钢筋的截面面积 (mm^2)；

a_s —— 受压区钢筋合力点到混凝土板上缘距离 (mm)；

h_c —— 混凝土板厚度 (mm)；

t —— 钢底板厚度 (mm)；

f_d —— 钢材抗拉(或抗压)强度设计值 (MPa)。

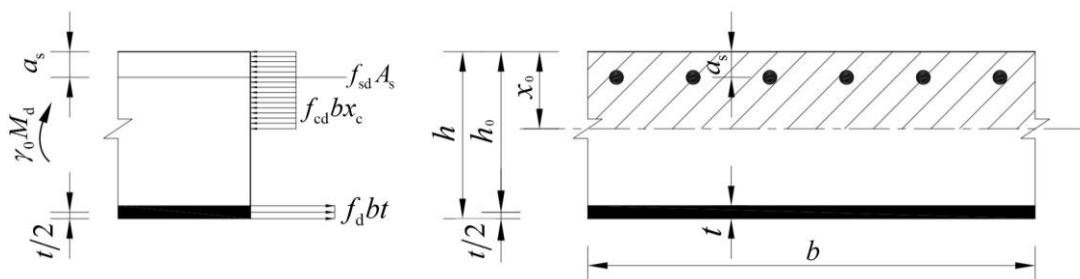


图 6.4.6-1 塑性中和轴在混凝土内的正弯矩区组合桥面板截面抗弯承载力计算图示
条文说明

2 塑性中和轴位于钢底板截面内 (图 6.4.6-2)，即 $f_d b t > f_{cd} b h_c + f_{sd} A_s$ 时，抗弯承载力应按下列公式计算：

$$\gamma_0 M_d \leq f_{cd} b h_c (h_0 - \frac{h_c}{2}) + f_{sd} A_s (h_0 - a_s) + \frac{1}{2} f_d b t x_s \quad (6.4.6-4)$$

$$h_0 = h_c + \frac{t}{2} + \frac{x_s}{2} \quad (6.4.6-5)$$

$$f_d b (t - x_s) = f_{cd} b h_c + f_{sd} A_s + f_d b x_s \quad (6.4.6-6)$$

式中： x_s —— 钢底板的受压区高度 (mm)。

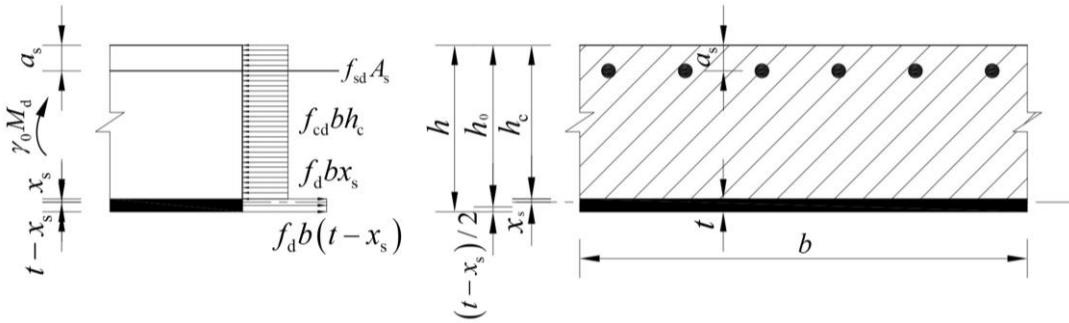


图 6.4.7-2 塑性中和轴在钢底板内的正弯矩区组合桥面板截面抗弯承载力计算图示
条文说明

正弯矩区钢-混凝土组合桥面板的截面抗弯承载力计算忽略连接件对承载能力的贡献。

参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62) 中的相关规定, 本条中的计算公式采用了《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62) 中的混凝土强度设计值。

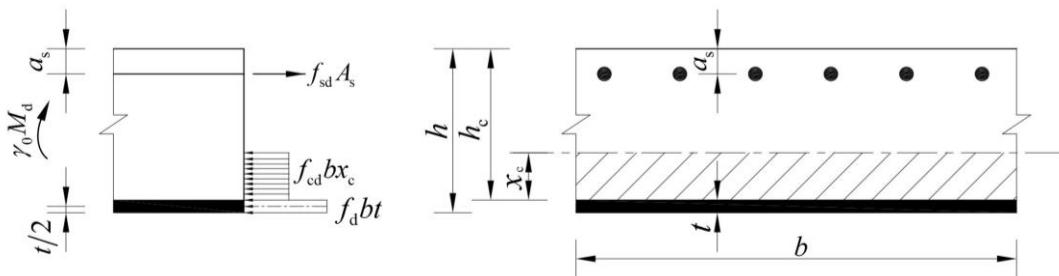
试验结果表明, 正弯矩区钢-混凝土组合桥面板的加劲肋在受弯试验过程中的应力水平较低, 综合考虑加劲肋面积和布置间距, 在正弯矩区钢-混凝土组合桥面板的截面抗弯承载力计算时偏保守忽略其贡献。

6.4.7 负弯矩区钢-混凝土组合桥面板的抗弯承载力计算应符合下列规定:

1 塑性中和轴位于混凝土截面内 (图 6.4.7-1), 即 $f_{sd}A_s \geq f_dbt$ 时, 抗弯承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{sd}A_s(h_c - x_c - a_s) + \frac{1}{2} f_{cd}bx_c^2 + f_dbt\left(\frac{t}{2} + x_c\right) \quad (6.4.7-1)$$

$$f_{sd}A_s = f_{cd}bx_c + f_dbt \quad (6.4.7-2)$$



2 塑性中和轴位于钢底板截面内 (图 6.4.7-2), 即 $f_{sd}A_s < f_dbt$ 时, 抗弯承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{sd}A_s(h - x_c - a_s) + \frac{1}{2} f_{d}bx_s^2 + \frac{1}{2} f_d b(t - x_s) \quad (6.4.7-3)$$

$$f_dbx_s = f_d b(t - x_s) + f_{sd}A_s \quad (6.4.7-4)$$

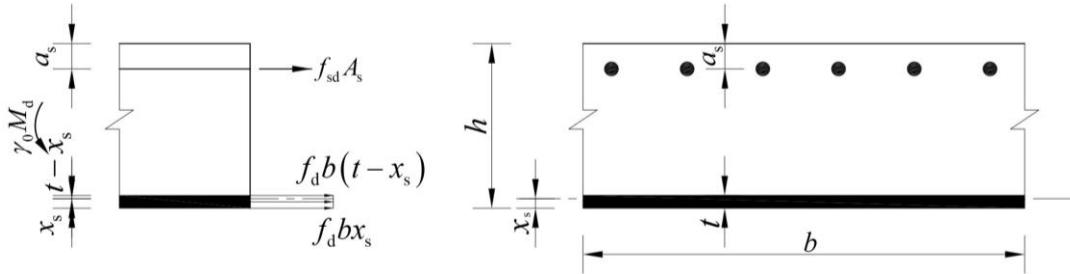


图 6.4.7-2 塑性中和轴在钢底板内的负弯矩区组合桥面板截面抗弯承载力计算图示

6.4.8 钢-混凝土组合桥面板垂直于加劲肋方向的斜截面抗剪极限承载力应按下式计算：

$$\gamma_0 V_d \leq 0.07 f_{cd} W_r h_0 \quad (6.4.8)$$

式中： V_d —— 钢-混凝土组合桥面板斜截面剪力设计值（N）；

W_r —— 钢-混凝土组合桥面板剪力作用范围内的有效肋宽（mm），

见图 6.4.8。

条文说明

垂直于加劲肋方向的斜截面抗剪承载能力是指钢-混凝土组合桥面板截面的整体抗剪能力。

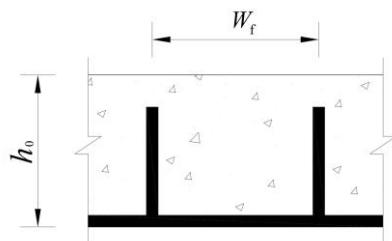


图 6.4.8 剪力作用范围内有效肋宽示意

6.4.9 钢-混凝土组合桥面板平行于加劲肋方向的斜截面抗剪极限承载力应按下列公式计算：

$$\gamma_0 V_d \leq V_{uc} + V_{us} \quad (6.4.9-1)$$

$$V_{uc} = 1.75 f_{td} b h_0 / (1 + \lambda) \quad (6.4.9-2)$$

$$V_{us} = 0.2 f_{vp} b t \quad (6.4.9-3)$$

式中： V_{uc} —— 混凝土斜截面抗剪承载力设计值（N）；

V_{us} —— 钢底板斜截面抗剪承载力设计值（N）；

λ —— 钢-混凝土组合桥面板计算截面的剪跨比，可取 $\lambda = a/h_0$ ，

当 λ 小于 1.5 时，取 1.5，当 λ 大于 3 时，取 3， a 取集中荷载作用点至支点截面的距离；

f_{td} —— 混凝土轴心抗拉强度设计值（MPa）；

f_{vp} —— 钢材塑性抗剪强度设计值 (MPa), $f_{vp} = f_y / \sqrt{3}$ 。

条文说明

平行于加劲肋方向的钢-混凝土组合桥面板斜截面抗剪承载力主要由混凝土和钢底板两部分共同承担。试验结果表明, 钢-混凝土组合桥面板中混凝土的开裂模式和钢筋混凝土构件的开裂模式类似, 因此混凝土斜截面抗剪承载力可参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)规定的斜截面承载力计算公式计算。钢-混凝土组合板抗剪试验实测结果表明, 有 20% 的钢底板达到了钢材塑性抗剪强度, 因此钢底板斜截面抗剪承载力计算时考虑 0.2 的折减系数。

6.4.10 承受集中荷载作用的钢-混凝土组合桥面板的抗冲切承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 F_{ld} \leq 0.6 f_{td} c_p h_c \quad (6.4.10-1)$$

$$c_p = 2\pi h_c + 2a_c + 2b_c + 8h_f \quad (6.4.10-2)$$

式中: F_{ld} —— 钢-混凝土组合桥面板的冲切力设计值 (N);

c_p —— 临界周长 (mm), 见图 6.4.10;

a_c —— 荷载长度 (mm);

b_c —— 荷载宽度 (mm)。

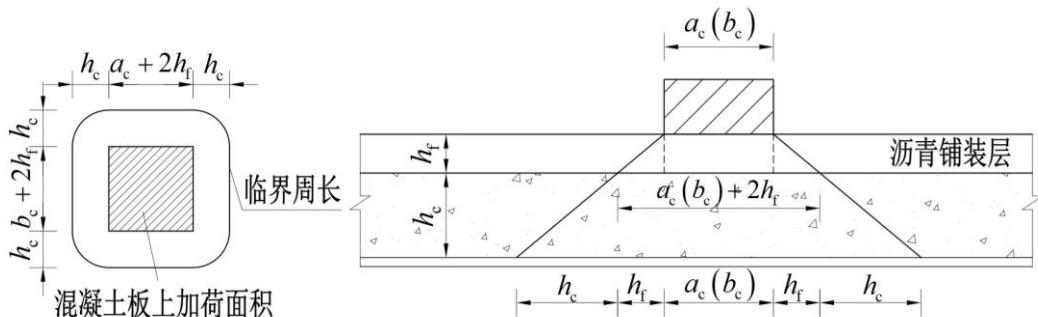


图 6.4.10 剪力临界周长示意

6.4.11 钢-混凝土组合桥面板圆柱头栓钉连接件的抗剪承载力应按下式计算:

$$V_{zd1} = 0.43 A_{sl} \sqrt{E_c f_{cd}} \leq 0.7 A_{sl} f_{dl} \quad (6.4.11)$$

式中: V_{zd1} —— 单个栓钉连接件抗剪承载力设计值 (N);

A_{sl} —— 栓钉连接件钉杆截面面积 (mm^2);

E_c —— 混凝土弹性模量 (MPa);

f_{dl} —— 栓钉连接件抗拉强度设计值 (MPa)。

条文说明

连接件抗剪承载力设计值的计算公式是基于推出试验或梁式试验结果提出的。连接件的破坏形式与混凝土弹性模量和强度等级有关，同时还取决于连接件的型号及材质。此外，栓钉抗剪承载力与栓钉长度有关，栓钉长度越长承载力越大，当栓钉长度与其直径之比大于4后承载力提升有限，若栓钉长度太短，不仅承载力很低，且栓钉会出现拔出破坏。

6.4.12 钢-混凝土组合桥面板开孔钢板连接件的承载力计算应满足下列要求：

1 开孔钢板连接件单孔抗剪承载力应满足下列要求：

1) 开孔钢板孔内无贯穿钢筋时，抗剪承载力应按下列公式计算：

$$V_{zd2} = \frac{4.31A - 121.0 \times 10^3}{\gamma} \quad (6.4.12-1)$$

$$A = \frac{\pi d_p^2}{4} \sqrt{\frac{t_0}{d_p}} f_{cd} \quad (6.4.12-2)$$

式中： V_{zd2} —— 开孔钢板连接件单孔抗剪承载力设计值（N）；

A —— 计算参数（N）， $40 \times 10^3 \leq A \leq 200 \times 10^3$ ；

γ —— 构件系数，取为1.0；

d_p —— 开孔钢板连接件开孔直径（mm）；

t_0 —— 开孔钢板连接件板厚（mm）。

2) 开孔钢板孔内设置贯穿钢筋时，抗剪承载力应按下列公式计算：

$$V_{zd2} = \frac{1.85A - 106.0 \times 10^3}{\gamma} \quad (6.4.12-3)$$

$$A = \frac{\pi(d_p^2 - d_{st}^2)}{4} f_{cd} + \frac{\pi d_{st}^2}{4} f_{st} \quad (6.4.12-4)$$

式中： A —— 计算参数（N）， $80 \times 10^3 \leq A \leq 380 \times 10^3$ ；

d_{st} —— 贯穿钢筋直径（mm）；

f_{st} —— 贯穿钢筋抗拉强度设计值（MPa）。

2 开孔钢板孔间钢板抗剪承载力应按下式验算：

$$V_s = \frac{5}{3} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} A_w \geq V_{zd2} \quad (6.4.12-5)$$

式中： V_s —— 开孔钢板孔间钢板抗剪承载力设计值（N）；

f_y —— 开孔钢板连接件钢板屈服强度（MPa）；

A_w —— 孔间钢板最小平面（纵向）截面积（mm²）。

3 开孔钢板焊缝承载力应按下式验算:

$$N_v = f_f^w l_w h_e \geq V_{zd2} \quad (6.4.12-6)$$

式中: N_v —— 开孔钢板焊缝承载力设计值 (N);

f_f^w —— 开孔钢板与钢底板间焊缝强度设计值 (MPa);

l_w —— 开孔钢板孔间的焊缝长度 (mm);

h_e —— 开孔钢板与钢底板间的焊缝高度 (mm)。

条文说明

开孔钢板连接件推出试验结果表明,开孔钢板连接件破坏源于开孔钢板孔中混凝土柱或孔间钢板的剪切破坏和撕裂,其抗剪强度主要取决于孔内混凝土和钢筋抗剪强度以及孔间钢板的抗剪强度,孔内的混凝土和钢筋还有具有防止混凝土板和钢底板分离的作用。设计时应避免开孔钢板连接件孔间钢板的剪切破坏先于混凝土的剪切破坏。

6.4.13 负弯矩区段内,钢-混凝土组合桥面板的连接件抗剪极限承载力应乘以折减系数 0.9。

条文说明

根据模型试验测试数据,结合国外类似模型试验测试研究成果,负弯矩区段混凝土因受拉而开裂,降低了连接件的锚固效应,故规定考虑折减。

6.5 正常使用极限状态计算

6.5.1 钢-混凝土组合桥面板应进行正常使用极限状态验算,验算内容应包括挠度、裂缝、应力和动力特性。

6.5.2 正常使用极限状态计算应采用作用的短期效应组合、长期效应组合或短期效应组合并计入长期效应组合的影响。

条文说明

荷载分项系数按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60) 执行,取为 1.0。

6.5.3 根据线弹性理论,采用有限元法进行应力、挠度和动力性能计算。长期效应用下混凝土应考虑弹性模量折减,折减系数可取为 0.5。

条文说明

根据试验研究资料,近似取长期效用下混凝土的弹性模量为短期效用的弹性模量的 0.5 倍以计入徐变效应。

6.5.4 在汽车荷载(不计冲击力)作用下,钢-混凝土组合桥面板的正负挠度绝对值之和不大于计算跨径的1/800。

6.5.5 钢-混凝土组合桥面板中混凝土板顶面受拉时,裂缝宽度应满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的规定。

6.5.6 钢-混凝土组合桥面板负弯矩区段最大裂缝宽度应按《公路桥涵钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土设计规范》(JTG D62)计算。

6.6 短暂状况构件计算

6.6.1 钢-混凝土组合桥面板应进行运输与安装、浇筑桥面板混凝土两个阶段的施工过程计算。

6.6.2 钢-混凝土组合桥面板施工过程计算宜按有限元法进行,钢底板与加劲肋的强度和刚度应按钢结构计算。

条文说明

钢梁加工制造、运输、安装过程中及桥面板混凝土未达到设计强度前,应按钢结构进行强度、刚度和局部稳定性计算。

6.6.3 钢-混凝土组合桥面板的钢结构施工过程计算,当受力方向与加劲肋平行时,应计入钢底板和加劲肋形成的受力截面对强度、刚度的影响;当受力方向与加劲肋垂直时,仅计入钢底板受力截面对强度、刚度的影响。

6.6.4 受力截面与纵横梁的连接为栓接或焊接时,应按固结条件计算;受力截面与纵横梁的连接为支撑时,应按简支条件计算。

6.6.5 钢-混凝土组合桥面板在浇筑桥面板混凝土阶段的钢结构施工计算,待浇筑混凝土及人群荷载宜按均布荷载计算,施工设备等荷载可按集中荷载计算。

6.6.6 钢-混凝土组合桥面板的钢底板和加劲肋受力截面不满足运输与安装、浇筑桥面板混凝土两个阶段的强度和刚度要求时,可增加钢底板支撑构造。

6.6.7 优化桥面板混凝土的浇筑顺序应以降低钢-混凝土组合桥面板负弯矩混凝土截面拉应力为目标。

6.6.8 钢-混凝土组合桥面板进行施工过程计算时,钢底板应力不宜大于 $0.35f_y$,加劲肋应力不宜大于 $0.45f_y$ 。

6.6.9 钢-混凝土组合桥面板进行施工过程计算时,钢底板容许挠度不应大于 $L/250$ 及24mm中的较小值。

条文说明

运输与安装阶段, L 为钢底板支承点的间距; 浇筑桥面板混凝土阶段, L 为纵横梁的间距 (mm)。

6.7 疲劳设计

6.7.1 钢-混凝土组合桥面板钢结构的疲劳荷载模型车轴载及分布应按下图确定。

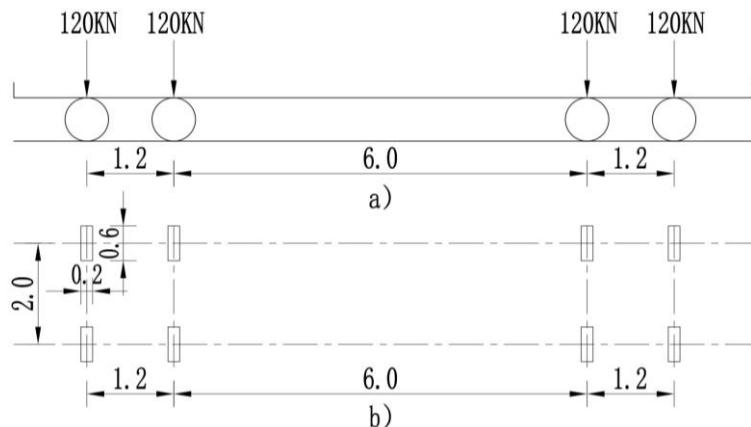


图 6.7.1 疲劳荷载车轴载模型 (尺寸单位: m)

6.7.2 钢-混凝土组合桥面板的疲劳应力幅计算时, 疲劳荷载车应按最不利位置计算, 并应计入放大系数 1.3。

6.7.3 钢-混凝土组合桥面板的钢底板疲劳应力幅应小于 50MPa。

6.8 防锈防腐设计

6.8.1 钢底模应进行防锈防腐设计, 可采用防腐涂装、金属镀层及耐候钢材等方式。

6.8.2 防腐涂装的涂层体系及保护年限应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722) 的规定。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 钢-混凝土组合桥面板的制造、安装及混凝土浇筑等工序应符合现行《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)和《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的相关规定。

7.1.2 钢构件涂装应符合设计文件和现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)的规定。

7.1.3 垫条材料应具有良好的抗老化性能，具有出厂合格证和检验资料，粘结胶水应无腐蚀性。

7.1.4 桥面板混凝土浇筑前应根据组合梁结构特点和受力特性确定施工工序和工艺，限制桥面板开裂。

7.2 钢底模的制造与运输

7.2.1 钢底模工厂制造流程如图 7.2.1 所示，由于不同形式的钢底模结构细节有所区别，因此本规程中的图例仅为代表性示例。

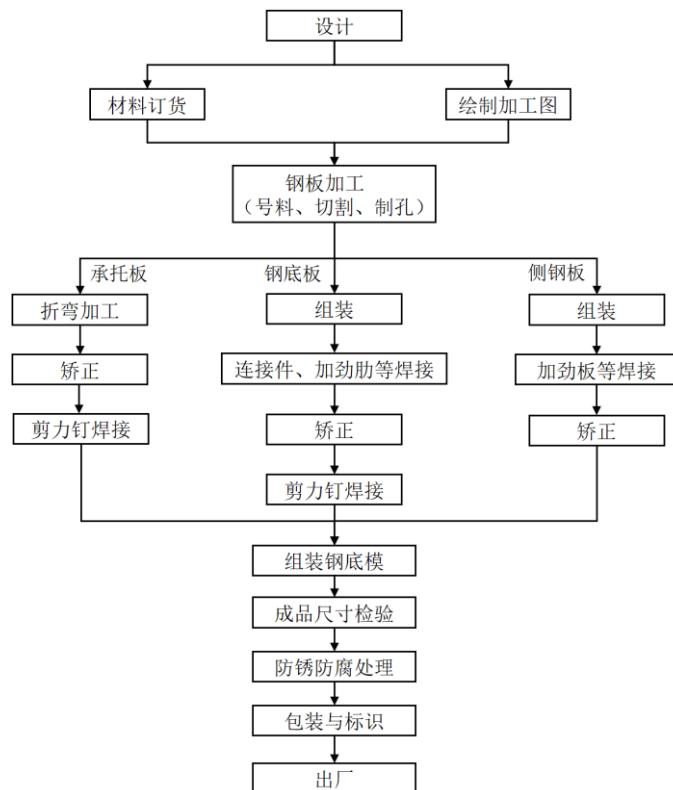


图 7.2.1 工厂制作流程示意

7.2.3 钢底模应在专用胎架或平台上进行组装,用于组装的胎架或平台应具有足够的强度、刚度和稳定性,并应满足支承、定位、固定和操作等工作需要。

7.2.4 钢底模节段制造完成后,应进行连续匹配预拼装,每轮预拼装数量应不少于3段。

7.2.5 钢构件整体涂装前,应对钢构件的自由边双侧倒弧,倒弧半径应不小于2mm;表面应进行喷砂除锈,一般表面的除锈等级不应低于Sa2.5级,摩擦面除锈等级不应低于Sa3.0级。

7.2.6 摩擦面涂层的初始抗滑移系数应不小于0.55,在工地安装前的复验应不小于0.45,摩擦面抗滑移系数实验方法应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)的规定。

7.2.7 钢底模作为成品发运时,出厂前成品尺寸的允许偏差应符合下表规定。

表 7.2.11 钢底模成品尺寸允许偏差(mm)

名称		允许偏差	简图
钢底 模	对角线差 $ L_1-L_2 $	≤4	
	加劲肋与纵基 线间距、加劲 肋中心距 S 端部及横隔 板处	±1	
	其余部位	±2	

7.2.8 构件在运输车辆的装载应符合下列规定:

- 1 钢底模分层叠放时,上下两层之间应设置缓冲垫;
- 2 对于钢底板梗腋自由边,为避免运输过程中出现变形,加工过程中应设置临时固定件;
- 3 对构件的栓钉连接件,装载时应采取可靠措施予以保护,避免在运输过程中与其他物体产生碰撞而损伤;
- 4 构件装载完成后宜采用钢丝绳或其他适宜材料将其固定牢靠,且应在钢丝绳下加设柔性垫层,防止损伤构件的涂层。

7.3 钢底模现场安装

7.3.1 应根据施工条件、钢底模结构特点合理选择安装方法及设备。

7.3.2 钢底模安装前应先确认拼接板的位置、螺栓施拧的方向及螺栓安装的方法。

7.3.3 止水垫条安装前应先清理粘结面的污渍和灰尘等。

7.3.4 由于钢底模本身的刚度较弱, 安装时应注意避免外加荷载对其造成变形的不利影响。

7.3.5 钢底模安装前应先将钢梁上翼缘上表面异物、污滞等清理干净, 安装完成后如有雨水或异物等堆积也应及时进行清理。

7.3.6 钢底模安装时应按桥轴线方向、桥轴线垂直方向将其准确地安装在钢梁对应位置上, 通过临时固定件调整钢底模的安装精度。

7.3.7 钢底模吊装时, 若提前安装工地接头高强度螺栓, 可采用下图所示的专用螺栓防坠器来临时固定螺杆。

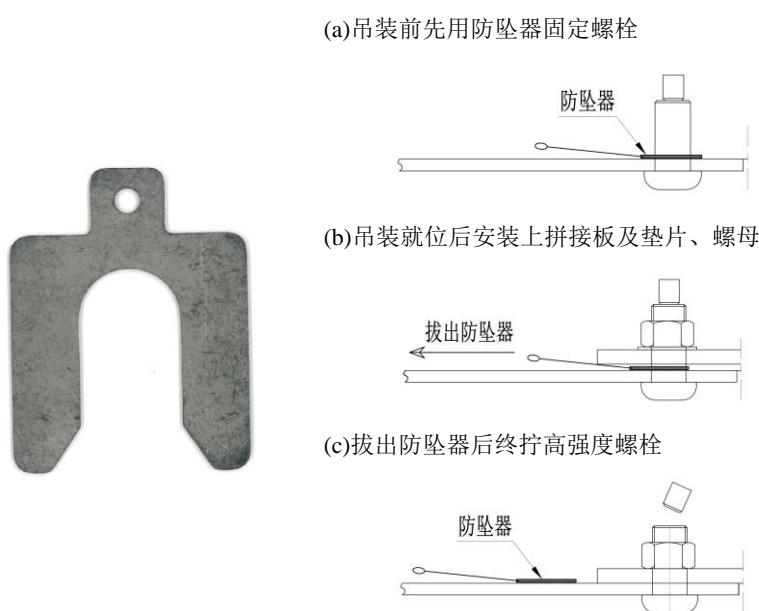


图 7.3.9 高强度螺栓提前安装示意图

7.3.8 钢底模工地连接施工完成后应采用密封胶封堵钢底板间的间隙, 以免混凝土浇筑时漏浆。

7.4 混凝土浇筑

7.4.1 桥面板钢筋绑扎完成后应采取可靠措施将其固定在加劲肋上。

7.4.2 钢筋绑扎后如耽搁时间过长, 应进行适当的防锈处理以防止钢筋锈蚀。

7.4.3 混凝土浇筑前应对钢底板排水兼监测孔采取止水栓等措施防止混凝土渗漏。

7.4.4 混凝土浇筑前应对钢底模进行清理, 防止杂物混入混凝土中。

7.4.5 不应在雨天或强风时浇筑混凝土，夏季施工应采取合理措施抑制混凝土浇筑时钢底板温度升高，冬季施工应防止冰雪附着。

7.4.6 夏季混凝土浇筑时混凝土温度应控制在 30℃以下，冬季混凝土浇筑时混凝土温度应控制在 5~20℃范围内。

7.4.7 宜采用内部振动器进行混凝土振捣，注意振捣时不应引起离析，可按下图进行振捣操作。

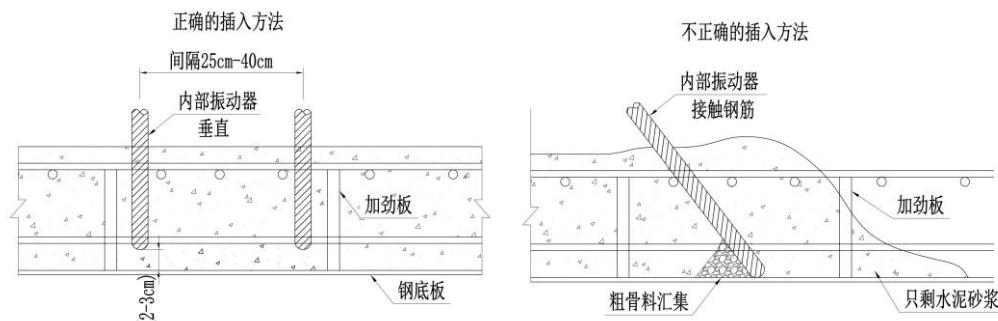


图 7.4.7 内部振动器插入方式

7.4.9 混凝土浇筑前应设置若干桥面板厚度控制点，厚度控制措施可采用定位筋的方式，具体见下图。

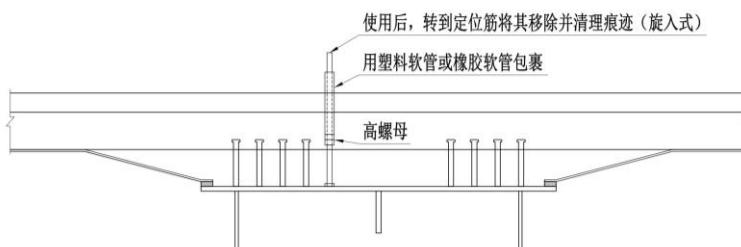


图 7.4.9 桥面板厚度控制示例

7.4.10 混凝土表面作业完成后，通过振捣或重新进行表面加工的方式去除混凝土开始凝固前产生的裂缝。

条文说明

组合桥面板中加劲板的形状可能会导致产生沉降缝，因此需要二次表面处理。

7.4.11 桥面板混凝土浇筑时的具体分块及浇筑顺序应结合桥梁结构形式、桥面板构造、每天能浇筑的最大混凝土数量、工期等因素综合确定。

条文说明

桥面板混凝土浇筑时，应尽可能地左右对称分块浇筑，确保恒载作业下应力和变形平衡，因现场施工缝容易产生缺陷，应尽量减少施工缝数量，有限元分析

时应分施工阶段进行计算，避免因后浇混凝土对先浇混凝土产生拉应力而产生裂缝。

7.4.12 桥面板混凝土宜在 1 天内完成一联桥的连续浇筑，当浇筑规模较大时应分多次浇筑，一般后浇混凝土与先浇混凝土之间应预留 5 天左右的养护时间，让先浇混凝土达到规定强度。

8 维护

8.1 检查维护内容

8.1.1 钢-混凝土组合桥面板宜设置钢结构专用检修通道进行日常检查、定期检查及特殊检查。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板具有钢底板，难以直观观测底部裂缝。疲劳试验结果表明，组合桥面板疲劳耐久性下降的原因为连接件及其周围混凝土的疲劳损伤和混凝土内部裂纹扩展，致使桥面板刚度降低并引起挠度增加，进而导致桥面铺装层开裂或出现坑洞，若桥面板混凝土出现贯通裂缝，渗入的雨水可能从钢底板接头或排水兼检测孔渗出。

8.1.2 钢-混凝土组合桥面板检查维护包括但不限于桥面检修（防水及腐蚀性物品泄露）、混凝土裂纹检查、钢底板剥离检查、涂装检查（漆膜粉化露底、龟裂剥落、起泡及吐锈等）与除锈防腐、构件连接检修（含高强度螺栓，不应有松动、缺损、腐蚀等）、焊缝裂纹检修、桥面板挠度监测等。

8.1.3 钢-混凝土组合桥面板在使用过程中应加强养护确保组合桥面板结构使用的安全性和耐久性，其余未尽事项应按《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）相关要求执行。

8.2 检查方法

8.2.1 钢-混凝土组合桥面板损伤检查方法包括目视观测法、无损检测法及局部破损检测法。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板混凝土劣化时，变形特征多显现于混凝土表面，可采用目视观测法并结合望远镜或卷尺进行检查，当出现钢底板剥离、桥面板裂缝和钢底板连接螺栓变形，仅通过目视观测无法获取充分信息时，应使用锤击试验等无损检测方法进行检查。当上述方法仍不能满足要求，或需要更高精度检测结果时，可对钢-混凝土组合桥面板进行局部破损检测。

8.2.2 目视观测法应重点观察铺装层变形情况以及钢底板连接处漏水或腐蚀等异常情况。

8.2.3 钢材裂纹无损检测宜采用渗透探伤试验、磁粉探伤试验、超声波探伤试验等方法。

8.2.4 混凝土板无损检测宜采用声发射法、超声波法、回弹硬度法、电磁感应法、自然电位测量法、红外热成像法等方法。

8.2.5 钢-混凝土组合桥面板应使用位移计、落锤式弯沉仪等设备进行挠度测量。

8.2.6 钢-混凝土组合桥面板局部破损检测包括混凝土钻芯取样和钢底板局部切割检测。

8.3 维修和加固

8.3.1 钢-混凝土组合桥面板维修和加固应以预防为主，通过定期检查及早干预，并制定分级处置和应急维修方案。

8.3.2 钢-混凝土组合桥面板混凝土裂缝宽度未超过规范限值或无锈水渗漏时应采用表面封闭或止水处理，裂缝宽度超过规范限值时应采用注浆工法修复。

8.3.3 钢-混凝土组合桥面板刚度因裂缝显著降低时，应局部替换损伤混凝土。

8.3.4 钢底板出现裂纹等损伤或钢-混凝土组合桥面板整体受损时，应整体更换钢底板。