

ICS 93.040

四川省地方标准

DB

P 28

DB 51/T 1991—2015

钢-混凝土组合桥面板技术规程

Technical Specification for Steel-Concrete
Composite Bridge Deck

2015-07-08 发布

2015-10-01 实施

四川省质量技术监督局 发布

四川省地方标准

钢-混凝土组合桥面板技术规程

DB 51/T 1991—2015

Technical Specification for Steel-Concrete
Composite Bridge Deck

主编单位:四川省交通运输厅公路规划
勘察设计院

批准部门:四川省质量技术监督局

实施日期:2015 年 10 月 01 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据四川省质量技术监督局川质监函〔2013〕129号文件的要求,以四川省交通科研项目“钢-混凝土组合正交异性桥面板的技术开发与应用研究”成果为支撑,制定了《钢-混凝土组合桥面板土技术规程》。

本规程主要技术内容包括:总则、术语、材料、基本规定、承载能力极限状态计算、正常使用极限状态计算、施工计算、构造、施工与质量验收等内容。

本规程由四川省质量技术监督局审查批准〔四川省地方标准公告 2015 发字第 4 号(总第 42 号)],四川省交通运输厅负责管理,四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议,请寄送四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院(地址:成都市武侯横街 1 号,邮编:610041),以便修订时参考。

主 编 单 位:四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

参 编 单 位:西南交通大学

武汉理工大学

四川大学锦城学院

主要起草人:牟廷敏 范碧琨 占玉林 王潇碧 赵人达

丁庆军 梁 健 周孝军 苏俊臣

主 审 人:庄卫林 谢邦珠

目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	2
3	总则	3
4	术语和符号	7
4.1	术语	7
4.2	符号	8
5	材料	13
5.1	底钢板与剪力键	13
5.2	混凝土	15
6	基本规定	19
6.1	一般规定	19
6.2	计算规定	21
7	承载力极限状态计算	24
7.1	一般规定	24
7.2	正弯矩截面抗弯承载力	25
7.3	负弯矩截面抗弯承载力	28
7.4	抗冲切承载力	29
7.5	斜截面抗剪承载力	30

7.6	剪力键计算	32
8	正常使用极限状态计算	38
8.1	一般规定	38
8.2	挠度与预拱度	39
8.3	裂缝宽度	40
8.4	动力特性	43
9	施工计算	44
9.1	一般规定	44
9.2	计算原则	44
9.3	强度与刚度	45
10	构造.....	47
10.1	一般规定.....	47
10.2	底钢板与剪力键.....	48
10.3	钢筋.....	50
10.4	混凝土板.....	52
10.5	耐久性.....	52
11	施工.....	54
11.1	钢结构.....	54
11.2	混凝土.....	56
12	质量验收.....	58

1 范 围

本规程规定了钢-混凝土组合桥面板术语、材料、承载能力极限状态计算、正常使用极限状态计算、施工计算、构造、施工与质量验收等。

本规程适用于桥面结构采用钢箱梁或钢格子梁的拱桥、梁桥、斜拉桥、悬索桥或旧桥桥面结构改造。

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 50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50205	钢结构工程施工质量验收规范
GB/T 10433	电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
JTG D60	公路桥涵设计通用规范
JTG D62	公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG/T B02-01	公路桥梁抗震设计细则
JTG/T D60-01	公路桥梁抗风设计规范
JT/T 722	公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

3 总 则

3.0.1 为了规范钢-混凝土组合桥面板的设计、制造、施工与质量验收,提高桥面板的耐久性能,结合相关技术开发成果,特制订本规程。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板与混凝土叠合桥面板相比,提高了桥面板的抗弯能力,减小了混凝土板厚度。与钢桥面板相比,钢板上浇筑的水泥混凝土结构连接层提高了沥青面层与桥面板连接能力,延长了使用寿命。同时,底钢板作为浇筑混凝土的底模板,减少了模板的安装和拆除,缩短了工期。

3.0.2 钢-混凝土组合桥面板除了满足耐久性要求外,同时应满足安全、适用、经济、美观原则。

3.0.3 本规程的钢-混凝土组合桥面板采用的钢和混凝土均为普通材料,或由普通材料改性的高性能材料。

条文说明

采用掺入复合型聚羧酸系高效减水剂或混杂纤维制备的高

强、高韧、低收缩桥面板水泥混凝土,将混凝土与钢板结合发挥各自的力学性能优势,形成高性能的钢-混凝土组合桥面板。

3.0.4 本规程的钢-混凝土组合桥面板,适用于桥面结构采用钢箱梁或钢格子梁的拱桥、梁桥、斜拉桥、悬索桥或旧桥桥面结构改造。

3.0.5 钢-混凝土组合桥面板采用以概率理论为基础的极限状态设计法,应进行以下两类极限状态设计。

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。

3.0.6 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、桥梁所处的环境条件,按以下四种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、车辆等荷载的状况。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:桥梁施工过程中承受临时性作用的状况。应进

行承载能力极限状态设计,必要时做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,必要时做正常使用极限状态设计。

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,必要时做正常使用极限状态设计。

3.0.7 钢-混凝土组合桥面板设计使用年限应为 100 年。钢结构防腐涂层体系采用长效型,保护年限应为 15 ~ 25 年。应设置钢结构专用检修通道。

3.0.8 钢-混凝土组合桥面板中的钢构造细节应满足完整性设计的要求。

条文说明

近年来,美国、韩国及中国等国家的钢结构桥梁,因制造或服役期造成的局部缺陷,在恶劣环境中,缺陷急速恶化扩展,缩短了桥梁设计服役期甚至垮塌,给国家和人民生命造成重大损失。而钢构件因连接主要采用焊接形式,并且空中安装焊接工作量大,在连接接头处更容易造成钢结构的局部缺陷,严重影响桥梁寿命。

3.0.9 钢箱梁或钢格子梁的设计、制造、安装与疲劳构造设计及

验算应符合《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025)的要求。

3.0.10 钢-混凝土组合桥面板设计、施工和验收,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家或行业现行有关标准的要求。

条文说明

作用(或荷载)及其组合应符合现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定;钢结构防腐涂装设计应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)的规定;栓钉剪力键应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定;钢筋混凝土和预应力混凝土构件的设计应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定;结构抗震设计应符合现行《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01)的规定;桥梁抗风设计应符合现行《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01)的规定;工程质量应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205)和《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)的规定。

当桥梁有承受重载、煤气或电力管线过桥等特殊要求时,应符合专门规范的规定或制定专门技术要求。

4 术语和符号

4.1 术 语

4.1.1 钢-混凝土组合桥面板

在钢板上按一定规则设置带孔钢板或带孔钢板与栓钉混合的剪力键,再浇筑水泥混凝土后形成共同受力的桥面板。

4.1.2 混杂纤维混凝土

用一定量乱向分布的两种或两种以上不同纤维材料增强的以水泥为胶结材料的混凝土。

4.1.3 带孔钢板剪力键

将带孔钢板作为加劲肋焊接在底钢板上,并埋设在混凝土中的剪力键。

4.1.4 栓钉剪力键

将栓钉焊接在底钢板上,并埋设在混凝土中的剪力键。

4.1.5 混合剪力键

将带孔钢板和栓钉按照一定规则焊接在底钢板上,并埋设在混凝土中的剪力键。

4.1.6 完整性设计

钢结构材质、荷载、构造、制造、安装、维护等环节设计时,既规定构件的强度和刚度要求,又规定构件损伤容限和抗断裂要求,以保证结构的设计使用目标,具有系统性、整体性和综合性特点的设计。

4.2 符 号

4.2.1 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_{dl} ——栓钉剪力键的抗拉强度设计值；
 f_{st} ——带孔钢板中贯穿钢筋抗拉强度设计值；
 f_f^w ——带孔钢板与底钢板间焊缝强度设计值。

4.2.2 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_{ld} ——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_{uc} ——混凝土的斜截面抗剪承载力设计值；
 V_{us} ——底钢板的斜截面抗剪承载力设计值；
 V_{zdl} ——单个栓钉剪力键抗剪承载力设计值；
 V_{zd2} ——带孔钢板剪力键单孔的抗剪承载力设计值；
 V_s ——带孔钢板剪力键孔间钢板抗剪承载力设计值；
 N_v ——带孔钢板焊缝承载力设计值；
 V_{zd} ——混合剪力键抗剪承载力设计值。

4.2.3 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-混凝土组合桥面板中的分布宽度；
 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 ——底钢板的受压区高度；
 t ——底钢板的厚度；
 c_p ——临界周界长度；
 A_{sl} ——栓钉剪力键钉杆截面面积；
 d ——栓钉剪力键栓钉杆直径；
 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 ——带孔钢板剪力键开孔直径；
 t_0 ——带孔钢板剪力键板厚；

h_1 ——带孔钢板剪力键高度；
 A_{pbl} ——带孔钢板剪力键的面积；
 A_w ——带孔钢板剪力键孔间钢板最小平面(纵向)截面积；
 d_{st} ——带孔钢板中贯穿钢筋直径；
 d_s ——受拉区纵向钢筋的直径；
 d_{pbl} ——带孔钢板的换算直径；
 d_{eq} ——受拉区纵向钢筋和带孔钢板的等效直径；
 l_w ——带孔钢板孔间的焊缝长度；
 h_e ——带孔钢板与底钢板间的焊缝高度；
 ω ——永久荷载作用产生的挠度；
 ω_{fk} ——最大裂缝宽度。

4.2.4 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带孔钢板的配筋率之和；

- v_1 ——钢筋的相对黏结特性系数；
- v_2 ——带孔钢板剪力键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 ——单位宽度带孔钢板列数；
- f_q ——钢-混凝土组合桥面板的计算自振频率。

5 材 料

5.1 底钢板与剪力键

5.1.1 钢-混凝土组合桥面板的底钢板和带孔钢板剪力键宜采用 Q235B,其抗拉、抗压和抗弯强度设计值为 215MPa,抗剪强度设计值为 125MPa。底钢板厚度宜选用 8~12mm,带孔钢板不宜超过底钢板厚度。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板的钢板厚度薄、应力水平低,而刚度要求大,Q235B 钢材质量稳定、性能可靠、工程经验多、价格低,因此,采用 Q235B 材质。带孔钢板厚度不宜超过底钢板厚度,以避免底钢板发生焊接变形。

5.1.2 对耐腐蚀有特殊要求的钢-混凝土组合桥面板的底钢板,可选用耐候钢。

条文说明

在《焊接结构用耐候钢》(GB/T 4172)中明确了耐候钢的具体技术要求,对于特殊环境下的钢材,建议使用耐候钢。特殊环境是

指有腐蚀性气体和液体作用,或长期位于浪溅区等。

5.1.3 钢材的物理力学性能指标应按表 5.1.3 采用。

表 5.1.3 钢材的物理性能指标

弹性模量 E_s (GPa)	剪切模量 G_s (GPa)	线膨胀系数 α (以每 1℃ 计)	质量密度 ρ (kg/m ³)
206	79	1.2×10^{-5}	7 850

5.1.4 钢-混凝土组合桥面板的栓钉剪力键的规格应符合表 5.1.4 的要求及相关规范的规定。

表 5.1.4 栓钉规格表 (mm)

公称直径	13	16	19	22
栓钉杆直径 d	13	16	19	22
大头直径 d'	22	29	32	35
大头厚度 t	12	12	12	12
熔化长度 l_a	4	5	5	6
焊后长度 l	70 ~ 170	70 ~ 200	80 ~ 200	90 ~ 200

条文说明

本条规定的参数应按图 5.1.4 确定。

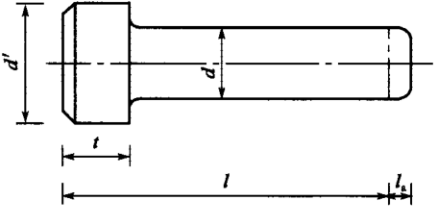


图 5.1.4 栓钉外形尺寸

5.2 混 凝 土

5.2.1 钢-混凝土组合桥面板的混凝土宜采用低收缩、高抗裂、高韧性的混杂纤维混凝土。

5.2.2 钢-混凝土组合桥面板采用的混杂纤维混凝土,应掺入 $0.7 \sim 0.9\text{kg/m}^3$ 的聚丙烯腈纤维和 $35 \sim 50\text{kg/m}^3$ 的钢纤维。

5.2.3 钢纤维应满足下列要求:

1 采用多锚固点的碳素冷拔钢丝切断型钢纤维,表面应有明显的压痕,其长度为 $30 \sim 35\text{mm}$,直径或等效直径为 $0.6 \sim 0.9\text{mm}$,抗拉强度大于 600MPa 。

2 表面不得有锈蚀、油污等杂质,加工不良的粘连片、铁屑等杂质含量不得超过总重量的 1.0% 。

3 长度、直径偏差不应超过长度直径公称值的 $\pm 10\%$,长径比偏差不应超过 $\pm 15\%$,每根重量不应超过公称重量值的 $\pm 15\%$ 。

4 应具有良好的外形,形状合格率不应低于 90% 。

5 应具有良好的弯折性能,能承受一次弯折 90° 而不断裂。

6 在混凝土中不应变“V”形、不结团,具有良好分散性。

条文说明

采用合理的钢纤维掺量和短粗纤维形状是避免钢纤维在混凝土拌和时成团的技术途径。试验研究表明,多锚固点且带压痕的钢纤维,其锚固强度高、黏结性能好。

5.2.4 聚丙烯腈纤维应满足下列要求:

- 1 直径为 $12 \sim 15\mu\text{m}$, 长度为 $6 \sim 12\text{mm}$, 抗拉强度 $\geq 800\text{MPa}$, 弹性模量 $7.0 \sim 9.0\text{GPa}$ 。
- 2 在混凝土中不应结团, 分散性能优良。
- 3 外色应均匀, 没有污染, 不得含有杂质。
- 4 应具有良好的亲水性能, 在水中均匀分散。

5.2.5 钢-混凝土组合桥面板采用的混凝土强度等级不宜超过 C40。当采用 C40 混凝土时, 其力学性能指标为: 混凝土 28d 试配抗压强度不应小于 48MPa , 28d 试配抗折强度不应小于 5.5MPa 。当采用 C30 混凝土时, 其力学性能指标为: 混凝土 28d 试配抗压强度不应小于 38MPa , 28d 试配抗折强度不应小于 5.0MPa 。

条文说明

本条规定的指标为混杂纤维混凝土的力学性能指标。

5.2.6 钢-混凝土组合桥面板的混凝土, 其 28d 收缩率不应大于

4.0×10^{-4} , 28d 抗渗等级应达到 W8。

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

5.2.8 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。

5.2.9 采用的外加剂应满足下列要求:

1 减水剂应有厂商提供的相应减水率及推荐掺量,同时应提供氯离子含量、含碱量和使用注意事项。

2 外加剂的合理掺量应针对不同原材料通过试配确定。

3 减水剂中的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%。

4 不应使用氯化钠、氯化钙等氯盐的外加剂,不宜使用早强剂。

5 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,对混凝土的有害影响和减水剂掺

加方法应明确。

5.2.10 混凝土材料性能应按表 5.2.10 确定。混凝土的剪切模量 G_c 可按表 5.2.10 中弹性模量 E_c 的 0.4 倍取值,泊松比 ν_c 采用 0.2。

表 5.2.10 混凝土材料性能

混凝土等级	强度标准值 (MPa)		强度设计值 (MPa)		弹性模量 E_c (MPa)	线膨胀系数 α_c
	轴心抗压 f_{ck}	轴心抗拉 f_{tk}	轴心抗压 f_{cd}	轴心抗拉 f_{td}		
C30	20.1	2.01	13.8	1.39	3.00×10^4	1.0×10^{-5}
C40	26.8	2.40	18.4	1.65	3.25×10^4	1.0×10^{-5}

6 基本规定

6.1 一般规定

6.1.1 根据边界约束条件,钢-混凝土组合桥面板应按单向或双向连续桥面板进行设计和计算。

6.1.2 钢-混凝土组合桥面板中的剪力键应能够传递施工和使用阶段钢板与混凝土连接界面上的纵、横向剪力。当采用一种剪力键不能满足受力要求时,应采用混合剪力键。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板施工阶段的剪力为浇筑桥面板混凝土、二期恒载、温度与收缩徐变作用所产生,使用阶段的剪力为活载作用产生。抗剪承载力是指底钢板与带孔钢板或栓钉的焊缝连接力。剪力键应能平顺、安全地传递界面剪力。组合桥面板内底钢板与混凝土剪力较大,而采用带孔钢板剪力键按照标准的构造规则不能满足受力要求时,可以采用栓钉剪力键进行局部加强,形成混合剪力键。

6.1.3 钢-混凝土组合桥面板结构设计时,不仅在使用阶段,而且在桥面梁运输、安装和混凝土浇筑过程中,均应对底钢板的强度和刚度进行验算。

条文说明

根据钢-混凝土组合桥面板的构造和形成过程,将底钢板和带孔钢板作为混凝土浇筑的底模,应对底钢板和带孔钢板进行强度和刚度验算。栓钉对底钢板的刚度贡献较小而忽略其影响。

6.1.4 使用荷载作用下,钢-混凝土组合桥面板应对三种结构体系的受力计算结果,进行组合截面强度与变形验算。

条文说明

桥梁结构计算的三种结构受力体系是指:钢-混凝土组合桥面板作为主梁上翼缘板参与整体受力,即第一结构体系;钢-混凝土组合桥面板作为主梁中纵、横格子梁上翼缘板参与局部受力,即第二结构体系;钢-混凝土组合桥面板作为支撑于主梁中纵、横格子梁上的板,承受并传递车轮荷载与主梁的局部荷载,即第三结构体系。

使用阶段底钢板与混凝土板通过剪力键连接形成组合截面,应按组合截面进行强度与变形验算。

6.2 计 算 规 定

6.2.1 钢-混凝土组合桥面板的第一、第二和第三结构体系受力计算,应按组合梁的方法,依据相关规范要求进行计算。

1 钢-混凝土组合桥面板的第一结构体系受力计算,当计算桥面梁刚度时,可忽略带孔钢板的刚度影响。

2 钢-混凝土组合桥面板的第二结构体系受力计算,验算纵、横梁在局部荷载作用下的强度和挠度时,其有效工作宽度 b_{cm} 应按式(6.2.1-1)~式(6.2.1-3)计算。

1) 抗弯计算时:

$$b_{cm} = b_m + \frac{1}{3} \left[4L_p \left(1 - \frac{L_p}{L} \right) \right] \quad (6.2.1-1)$$

2) 抗剪计算时:

$$b_{cm} = b_m + L_p \left(1 - \frac{L_p}{L} \right) \quad (6.2.1-2)$$

$$b_m = b_c + 2(h_c + h_f) \quad (6.2.1-3)$$

式中: b_{cm} ——钢-混凝土组合桥面板的有效工作宽度,mm;

L ——板的计算跨度,mm;

L_p ——荷载作用点至钢-混凝土组合桥面板支撑的较近距离,当跨度内有多多个集中荷载时, L_p 应取产生较小

b_{cm} 值的相应荷载作用点至较近支承点的距离；

b_m ——集中荷载在钢-混凝土组合桥面板中的分布宽度(图 6.2.1), mm；

b_c ——荷载宽度, mm；

h_c ——混凝土板的厚度, mm；

h_f ——铺装层厚度(若无铺装层, $h_f = 0$), mm。

3 钢-混凝土组合桥面板的第三结构体系受力计算, 钢-混凝土组合桥面板, 当长边长度与短边长度之比小于 2 时, 应按双向板计算; 大于 3 时, 应按单向板计算; 介于 2 和 3 之间时, 宜按双向板计算, 也可根据实际情况按单向板计算。钢-混凝土组合桥面双向板, 当相邻跨连续时, 桥面板周边应视为固定边; 当不连续或相邻跨度相差较大时, 如相邻跨比当前跨的跨度小, 可视为简支边, 如相邻跨比当前跨的跨度大, 可视为固定边。

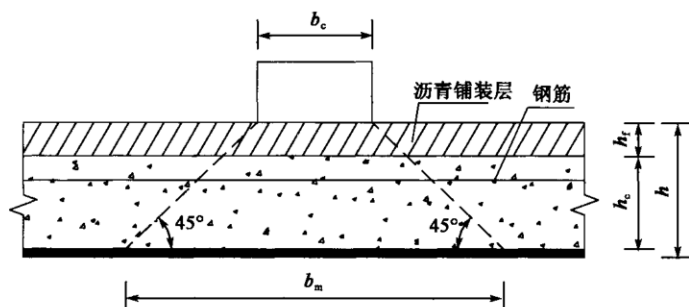


图 6.2.1 集中荷载分布的有效宽度

条文说明

本条是引用 ECCS(欧洲钢结构委员会)1981 年出版的组合结构规程、BS(英国标准)及 CEC(欧洲共同体)于 1985 年共同编制的《钢与混凝土组合结构统一标准》的条款。

6.2.2 钢-混凝土组合的单向或双向桥面板,应根据边界约束条件,采用有限元法进行内力计算。沿带孔钢板方向宜按计入带孔钢板的组合桥面板验算强度,垂直于带孔钢板方向应按不计入带孔钢板的组合桥面板验算强度。

条文说明

鉴于计算手段的进步,为使计算结果更为准确,本条规定采用有限元法进行桥面板内力计算。

7 承载能力极限状态计算

7.1 一般规定

7.1.1 钢-混凝土组合桥面板结构重要性系数应为 1.1。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板一般应用在重要的桥梁上,为超静定强劲的桥面结构,为了行车安全,桥梁结构重要性系数取值为 1.1。

7.1.2 应进行钢-混凝土组合桥面板的强度和刚度计算,以钢-混凝土组合桥面板为翼缘的钢格子梁或钢箱梁的强度和刚度计算应按相关规范执行。

7.1.3 钢-混凝土组合桥面板应进行板的正截面抗弯承载能力、斜截面抗剪承载能力、抗冲剪承载能力和剪力键的抗剪承载能力等极限承载力状态计算。

7.1.4 钢-混凝土组合桥面板的正截面抗弯承载能力采用塑性设计法计算,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-混凝土组合桥面板在正截面弯曲破坏时,受拉区和受压区的材料达到各自强度设计值。

7.1.5 正弯矩极限承载能力应验算钢-混凝土组合单向板或双向板的跨中截面;负弯矩极限承载能力应验算钢-混凝土组合单向板或双向板的承托与板交界截面。

7.1.6 钢-混凝土组合桥面板的计算收缩量为普通混凝土的0.4,徐变系数为普通混凝土的0.5。

7.2 正弯矩截面抗弯承载能力

7.2.1 承受正弯矩的钢-混凝土组合桥面板,当 $f_d b t \leq f_{cd} b h_c + f_{sd} A_s$ 时,中性轴位于钢-混凝土组合桥面板的混凝土部分(图7.2.1),其抗弯承载能力应按式(7.2.1-1)计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{cd} b x_c \left(h_0 - \frac{x_c}{2} \right) + f_{sd} A_s (h_0 - a_s) \quad (7.2.1-1)$$

$$h_0 = h_c + \frac{t}{2} \quad (7.2.1-2)$$

混凝土板的受压区高度 x_c 应按式(7.2.1-3)计算:

$$f_d b t = f_{cd} b x_c + f_{sd} A_s \quad (7.2.1-3)$$

式中： γ_0 ——桥梁结构的重要性系数，取 1.1；

M_d ——弯矩设计值， $\text{N} \cdot \text{mm}$ ；

f_d ——钢材抗拉（或抗压）强度设计值， MPa ；

f_{cd} ——混凝土的轴心抗压强度设计值， MPa ；

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 ；

b ——钢-混凝土组合桥面板的单位宽度， mm ；

t ——底钢板的厚度， mm ；

h_c ——混凝土板的厚度， mm ；

h_0 ——截面有效高度， mm 。

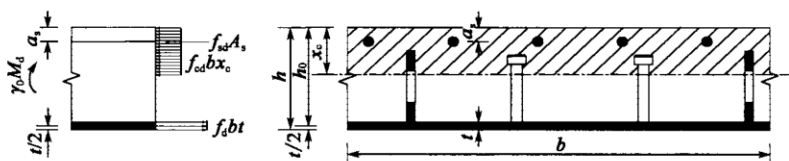


图 7.2.1 正弯矩截面抗弯承载力计算图示（中性轴位于混凝土）

条文说明

钢-混凝土组合桥面板的正弯矩截面抗弯承载力计算忽略剪力连接键对承载能力的贡献。

7.2.2 承受正弯矩的钢-混凝土组合桥面板,当 $f_d b t > f_{cd} b h_c + f_{sd} A_s$ 时,中性轴位于钢-混凝土组合桥面板的底钢板部分(图 7.2.2),其抗弯承载能力应按式(7.2.2-1)计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{cd} b h_c \left(h_0 - \frac{h_c}{2} \right) + f_{sd} A_s (h_0 - a_s) + \frac{1}{2} f_d b t x_s \quad (7.2.2-1)$$

$$h_0 = h_c + \frac{t}{2} + \frac{x_s}{2} \quad (7.2.2-2)$$

底钢板受压区高度 x_s 应按式(7.2.2-3)计算:

$$f_d b (t - x_s) = f_{cd} b h_c + f_{sd} A_s + f_d b x_s \quad (7.2.2-3)$$

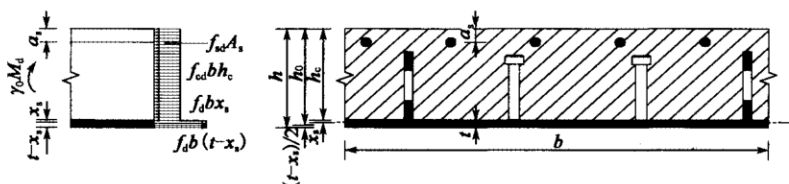


图 7.2.2 正弯矩截面抗弯承载能力计算图示(中性轴位于底钢板)

条文说明

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。

7.3 负弯矩截面抗弯承载力

7.3.1 承受负弯矩的钢-混凝土组合桥面板,当 $f_{sd}A_s \geq f_d b t$ 时,中性轴位于钢-混凝土组合桥面板的混凝土板部分(图 7.3.1),其抗弯承载力应按式(7.3.1-1)计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{sd} A_s (h_c - x_c - a_s) + \frac{1}{2} f_{cd} b x_c^2 + f_d b t \left(\frac{t}{2} + x_c \right) \quad (7.3.1-1)$$

混凝土受压区高度 x_c 应按式(7.3.1-2)计算:

$$f_{sd} A_s = f_{cd} b x_c + f_d b t \quad (7.3.1-2)$$

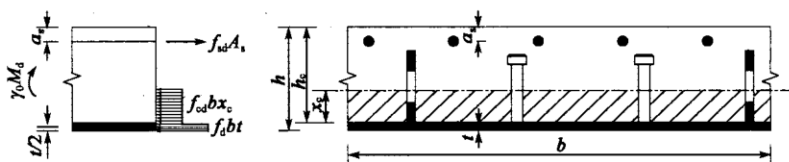


图 7.3.1 负弯矩截面抗弯承载力计算图示(中性轴位于混凝土)

条文说明

钢-混凝土组合桥面板的负弯矩截面抗弯承载力计算忽略剪力连接键对承载能力的贡献。

7.3.2 承受负弯矩的钢-混凝土组合桥面板,当 $f_{sd}A_s < f_d b t$ 时,中

性轴位于钢-混凝土组合桥面板的底钢板部分(图 7.3.2),其抗弯承载能力应按式(7.3.2-1)计算:

$$\gamma_0 M_d \leq f_{sd} A_s (h - x_s - a_s) + \frac{1}{2} f_d b x_s^2 + \frac{1}{2} f_d b (t - x_s)^2 \quad (7.3.2-1)$$

底钢板受压区高度 x_s 应按式(7.3.2-2)计算:

$$f_d b x_s = f_d b (t - x_s) + f_{sd} A_s \quad (7.3.2-2)$$

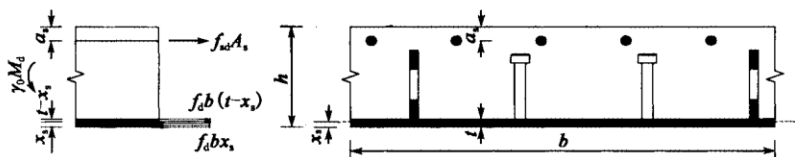


图 7.3.2 负弯矩截面抗弯承载能力计算图示(中性轴位于底钢板)

条文说明

钢-混凝土组合桥面板的负弯矩截面抗弯承载能力计算忽略剪力连接键对承载能力的贡献。

7.4 抗冲切承载能力

7.4.1 承受集中荷载作用的钢-混凝土组合桥面板,其抗冲切承载能力应按式(7.4.1-1)计算:

$$\gamma_0 F_{ld} \leq 0.6 f_{ld} c_p h_c \quad (7.4.1-1)$$

$$c_p = 2\pi h_c + 2a_c + 2b_c + 8h_f \quad (7.4.1-2)$$

式中: F_{ld} ——钢-混凝土组合桥面板的冲切力设计值,N;

f_{td} ——混凝土的轴心抗拉强度设计值,MPa;

c_p ——临界周界长度(图 7.4.1),mm;

a_c ——荷载长度,mm;

b_c ——荷载宽度,mm。

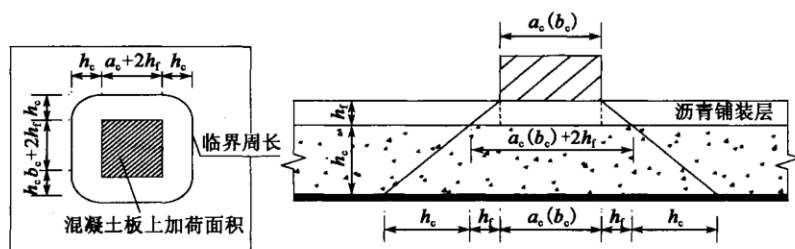


图 7.4.1 剪力临界周界示意图

7.5 斜截面抗剪承载力

7.5.1 钢-混凝土组合桥面板,垂直于带孔钢板方向的斜截面抗剪极限承载力应按式(7.5.1-1)计算:

$$\gamma_0 V_d \leq 0.07 f_{cd} W_r h_0 \quad (7.5.1-1)$$

式中: V_d ——钢-混凝土组合桥面板斜截面上的剪力设计值,N;

f_{cd} ——混凝土的轴心抗压强度设计值,MPa;

W_r ——钢-混凝土组合桥面板剪力作用范围内的有效肋宽
(图 7.5.1),mm。

条文说明

垂直于带孔钢板方向的斜截面抗剪承载力是指钢-混组合

桥面板截面的整体抗剪能力。

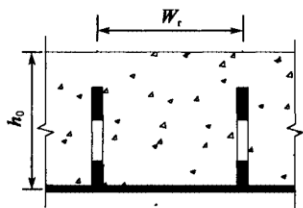


图 7.5.1 剪力作用范围内有效肋宽示意图

7.5.2 钢-混凝土组合桥面板,平行于带孔钢板方向的斜截面抗剪极限承载力应按式(7.5.2-1)计算:

$$\gamma_0 V_d \leq V_{uc} + V_{us} \quad (7.5.2-1)$$

式中: V_{uc} ——混凝土的斜截面抗剪承载力设计值, $V_{uc} = 1.75f_{td}bh_0/(1 + \lambda)$;

V_{us} ——底钢板的斜截面抗剪承载力设计值, $V_{us} = 0.2f_{vp}bt$;

λ ——钢-混凝土组合桥面板的计算截面的剪跨比,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} ——混凝土的轴心抗拉强度设计值,MPa;

f_{vp} ——钢材的塑性抗剪强度设计值,MPa, $f_{vp} = f_y/\sqrt{3}$;

b ——钢-混凝土组合桥面板的单位宽度,mm。

条文说明

采用带孔加劲钢板剪力键的钢-混凝土组合桥面板,平行于带

孔钢板方向的斜截面抗剪承载力主要由混凝土和底钢板两部分共同承担,混凝土的抗剪承载力记为 V_{uc} , 底钢板的贡献记为 V_{us} , 则抗剪承载力可表达为:

$$V_u = V_{uc} + V_{us} \quad (7.5.2-2)$$

由试验可知,钢-混凝土组合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 V_{uc} 可参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010)中斜截面承载力的计算公式。

$$V_{uc} = \frac{1.75}{1 + \lambda} f_{td} b h_0 \quad (7.5.2-3)$$

式中: λ ——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。

在实际抗剪试验测试结果的基础上,发现有 20% 的底钢板达到钢材的塑性抗剪强度来抵抗竖向剪力,计算公式为:

$$V_{us} = 0.2 f_{vp} b t \quad (7.5.2-4)$$

综上,得到计算斜截面抗剪承载力的公式为:

$$V_u = \frac{1.75}{1 + \lambda} f_{td} b h_0 + 0.2 f_{vp} b t \quad (7.5.2-5)$$

7.6 剪力键计算

7.6.1 钢-混凝土组合桥面板,圆柱头栓钉剪力键的抗剪能力应

按式(7.6.1-1)计算:

$$\gamma_0 V_{zd1} = \gamma_0 \cdot 0.43 A_{s1} \sqrt{E_c f_{cd}} \leq 0.7 A_{s1} f_{dl} \quad (7.6.1-1)$$

式中: V_{zd1} ——单个栓钉剪力键抗剪承载力设计值, N;

A_{s1} ——栓钉剪力键钉杆截面面积, mm^2 ;

E_c ——混凝土弹性模量, MPa;

f_{cd} ——混凝土的轴心抗压强度设计值, MPa;

f_{dl} ——栓钉剪力键的抗拉强度设计值, MPa。

条文说明

剪力连接键的抗剪承载能力是指钢-混组合桥面板中混凝土和底钢板之间的抗剪能力。剪力连接键受剪承载力设计值 V_{zd} 的计算公式是通过推出试验或梁式试验结果推导出来的。连接键的破坏形式与混凝土的强度级别、品种有关,有时还取决于连接键的型号及材质。栓钉的承载力与栓钉长度有关,栓钉越长承载力越大,但当栓钉长度与其直径之比大于4后,承载力的增加就很少了,若栓钉长度太短,不仅承载力很低,且栓钉会出现拔出破坏。

7.6.2 钢-混凝土组合桥面板,带孔钢板剪力键的抗剪承载力计算应满足下列要求。

1 带孔钢板剪力键抗剪承载力应按下列要求计算:

1)带孔钢板孔内无贯穿钢筋时,抗剪承载力按式(7.6.2-1)、式(7.6.2-2)计算:

$$V_{zd2} = \frac{4.31A - 121.0 \times 10^3}{\gamma} \quad (7.6.2-1)$$

$$A = \frac{\pi d_p^2}{4} \sqrt{\frac{t_0}{d_p}} f_{cd} \quad (7.6.2-2)$$

式中: V_{zd2} ——带孔钢板剪力键单孔的抗剪承载力设计值, N;

d_p ——带孔钢板剪力键开孔直径, mm;

t_0 ——带孔钢板剪力键板厚, mm;

γ ——构件系数, 取值为 1.0;

A ——计算参数, 应符合式(7.6.2-3)的要求:

$$40 \times 10^3 (\text{N}) \leq A \leq 200 \times 10^3 (\text{N}) \quad (7.6.2-3)$$

2) 带孔钢板有贯穿钢筋时, 抗剪承载力按式(7.6.2-4)、式(7.6.2-5)计算:

$$V_{zd2} = \frac{1.85A - 106.0 \times 10^3}{\gamma} \quad (7.6.2-4)$$

$$A = \frac{\pi(d_p^2 - d_{st}^2)}{4} f_{cd} + \frac{\pi d_{st}^2}{4} f_{st} \quad (7.6.2-5)$$

式中: d_{st} ——贯穿钢筋直径, mm;

f_{st} ——贯穿钢筋抗拉强度设计值, MPa。

A ——计算参数, 应符合式(7.6.2-6)的要求:

$$80 \times 10^3 (\text{N}) \leq A \leq 380 \times 10^3 (\text{N}) \quad (7.6.2-6)$$

2 带孔钢板剪力键的抗剪承载力应按下列要求验算:

1) 带孔钢板孔间钢板抗剪承载力应按式(7.6.2-7)验算:

$$V_s = \frac{5}{3} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} A_w \geq V_{zd2} \quad (7.6.2-7)$$

式中: V_s ——带孔钢板孔间钢板抗剪承载力设计值, N;

A_w ——孔间钢板最小平面(纵向)截面积, mm^2 ;

f_y ——带孔钢板剪力键钢板屈服强度, MPa。

2) 带孔钢板焊缝承载能力应按式(7.6.2-8)验算:

$$N_v = f_t^w l_w h_e \geq V_{zd2} \quad (7.6.2-8)$$

式中: N_v ——带孔钢板焊缝承载力设计值, N;

f_t^w ——带孔钢板与底钢板间焊缝强度设计值, MPa;

l_w ——带孔钢板孔间的焊缝长度, mm;

h_e ——带孔钢板与底钢板间的焊缝高度, mm。

条文说明

抗剪顶推试验表明, 带孔钢板剪力键破坏起源于钢板孔中的混凝土榫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抗剪强度和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底钢板分离的作用。设计时应避免带孔钢板剪力键孔间钢板的剪切破坏先于混凝土的剪切破坏。

7.6.3 钢-混凝土组合桥面板, 混合剪力键的抗剪能力应按式(7.6.3-1)计算:

$$V_{zd} = V_{zd1} + V_{zd2} \quad (7.6.3-1)$$

式中: V_{zd} ——混合剪力键抗剪承载力设计值, N。

7.6.4 钢-混凝土组合桥面板, 在负弯矩区段内的剪力键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, 降低了剪力键的锚固效应, 因此, 应考虑折减。

7.6.5 钢-混凝土组合桥面板的疲劳计算应满足下列要求。

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图 7.6.5 确定。

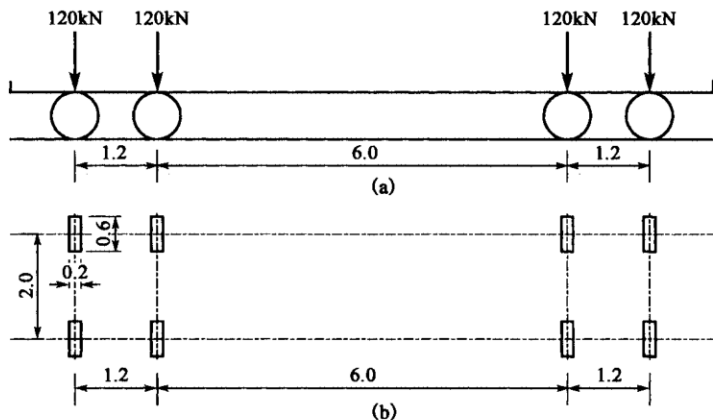


图 7.6.5 疲劳荷载车轴载模型(尺寸单位:m)

2 计算钢-混凝土组合桥面板的疲劳应力幅时,疲劳荷载车应按最不利位置计算,并应计入冲击系数 1.3。

3 钢-混凝土组合桥面板的底钢板计算疲劳应力幅应小于 50MPa。

8 正常使用极限状态计算

8.1 一般规定

8.1.1 钢-混凝土组合桥面板的最大正负弯矩截面应进行正常使用极限状态验算。验算的内容应包括钢-混凝土组合桥面板的底钢板、混凝土板容许拉应力,同时包括底钢板与带孔钢板和栓钉间的容许剪应力。

8.1.2 正常使用极限状态的计算,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。

8.1.3 钢-混凝土组合桥面板正常使用极限状态的计算包括应力、挠度和动力性能。

8.1.4 按线弹性理论,采用有限元法进行应力、挠度和动力性能计算。长期效应作用下混凝土的弹性模量宜按 0.5 倍短期效应的弹性模量取值。

条文说明

根据试验研究资料,近似取长期效应作用下混凝土的弹性模量为短期效应时的 0.5 倍计入徐变效应。

8.2 挠度与预拱度

8.2.1 拱桥的钢-混凝土组合桥面板,其挠度应满足下列规定:

1 主拱、吊索(或立柱)、桥面梁和桥面板在汽车荷载(不计冲击力)作用下的正负挠度绝对值之和不大于主拱计算跨径的 $1/800$ 。

2 桥面梁和桥面板在汽车荷载(不计冲击力)作用下的正负挠度绝对值之和不大于吊索(或立柱)间距的 $1/1\ 200$ 。

3 桥面板在汽车荷载(不计冲击力)作用下的正负挠度绝对值之和不大于纵梁或横梁间距的 $1/1\ 600$ 。

8.2.2 悬索桥或斜拉桥的钢-混凝土组合桥面板,其挠度规定限值宜满足 8.2.1 条的规定。

条文说明

悬索桥和斜拉桥的钢-混凝土组合桥面板尚未有依托工程实施,因此,其挠度限值可参照 8.2.1 条执行。

8.2.3 梁桥的钢-混凝土组合桥面板,其挠度应满足下列要求:

1 桥面梁和桥面板在汽车荷载(不计冲击力)作用下的正负挠度绝对值之和不大于计算跨径的 $1/800$ 。

2 桥面板在汽车荷载(不计冲击力)作用下的正负挠度绝对值之和不大于纵梁和横梁间距的 $1/1600$ 。

8.2.4 钢-混凝土组合桥面板的钢格子梁或钢箱梁,其变形挠度不满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50)时,应设置预拱度。计算预拱度应为恒载累积变形、徐变挠度和 $1/2$ 活载挠度之和。

8.3 裂 缝 宽 度

8.3.1 负弯矩区的钢-混凝土组合桥面板,混凝土裂缝宽度不应大于 0.20mm ,名义拉应力不宜大于 5MPa 。

条文说明

钢-混组合桥面板上设置了沥青混凝土铺装面层,且在组合桥面板与面层之间设置了防水层,因此,裂缝宽度限值为 0.20mm 。

钢-混组合桥面板采用了混杂纤维的高韧性混凝土,并进行了超筋配置,因此,名义拉应力限值为 5MPa。

8.3.2 钢-混凝土组合桥面板负弯矩区段最大裂缝宽度应按式(8.3.2-1)计算:

$$\omega_{fk} = C_1 C_2 C_3 \frac{\sigma_{ss}}{E_s} \left(\frac{30 + d_{eq}}{0.28 + 10\rho_e} \right) \quad (8.3.2-1)$$

式中: ω_{fk} ——最大裂缝宽度,mm;

C_1 ——钢筋表面形状系数,对光面钢筋 $C_1 = 1.4$,带肋钢筋 $C_1 = 0.8$;

C_2 ——作用(或荷载)长期效应影响系数, $C_2 = 1 + 0.5 \frac{N_l}{N_s}$,

其中 N_l 和 N_s 分别为按荷载长期效应组合和短期效应组合计算的内力值(弯矩或轴向力);

C_3 ——与构件受力性质有关的系数,取值为 1.15;

σ_{ss} ——荷载短期效应组合下负弯矩纵向钢筋应力,MPa;

ρ_e ——混凝土板上缘受拉区纵向受拉钢筋和受拉区带孔钢板的配筋率之和,应按式(8.3.2-2)计算:

$$\rho_e = \frac{A_s + A_{pbl}}{bh_0} \quad (8.3.2-2)$$

其中: A_s ——混凝土板上缘受拉区纵向钢筋的面积,mm²;

A_{pbl} ——受拉区带孔钢板的面积,mm²;

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋和带孔钢板的等效直径, mm, 应按式(8.3.2-3)计算:

$$d_{\text{eq}} = \frac{n_1 d_s^2 + n_2 d_{\text{pbl}}^2}{n_1 v_1 d_s + n_2 v_2 d_{\text{pbl}}} \quad (8.3.2-3)$$

其中: n_1 ——受拉区纵向钢筋的换算根数;

n_2 ——单位宽度带孔钢板列数;

d_s ——受拉区纵向钢筋的直径, mm;

d_{pbl} ——带孔钢板的换算直径, mm, 应按式(8.3.2-4)计算:

$$d_{\text{pbl}} = \sqrt{\frac{4t_0 h_1}{\pi}} \quad (8.3.2-4)$$

其中: h_1 ——带孔钢板高度, mm;

t_0 ——带孔钢板厚度, mm;

v_1 ——钢筋的相对黏结特性系数, 对光面钢筋 $v_1 = 1.0$, 带肋钢筋 $v_1 = 0.7$;

v_2 ——带孔钢板剪力键的相对黏结特性系数, $v_2 = 1.0$ 。

条文说明

根据试验研究结果, 带孔钢板对负弯矩区裂缝的影响与钢筋一致, 为了计算方便, 提出的钢-混凝土组合桥面板裂缝宽度计算方法, 采用《公路桥涵钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土设计规范》(JTG D62)的裂缝宽度计算式, 仅对受拉区有效钢筋直径综合考虑钢筋和带孔钢板的影响后进行修正。

8.3.3 钢-混凝土组合桥面板负弯矩区的纵向受拉钢筋应力 σ_{ss} 应按式(8.3.3-1)计算:

$$\sigma_{ss} = \frac{M_s}{0.87(A_s + A_{pbl})h_0} \quad (8.3.3-1)$$

式中: M_s ——按荷载短期效应组合计算的弯矩设计值, $N \cdot mm$ 。

8.4 动力特性

8.4.1 钢-混凝土组合桥面板的桥面梁整体纵向或横向自振频率宜大于 0.1Hz, 竖向自振频率宜大于 0.2Hz。

8.4.2 钢-混凝土组合桥面板的自振频率可采用有限元法计算, 也可按式(8.4.2-1)计算:

$$f_q = \frac{1}{0.178\sqrt{\omega}} \quad (8.4.2-1)$$

式中: f_q ——钢-混凝土组合桥面板的计算自振频率, Hz;

ω ——永久荷载作用产生的挠度, cm。

9 施 工 计 算

9.1 一 般 规 定

9.1.1 钢-混凝土组合桥面板应按运输与安装、浇筑桥面板混凝土两个阶段进行施工过程计算。

9.1.2 当拟定的钢-混凝土组合桥面板的底钢板和带孔钢板受力截面不能满足运输与安装、浇筑桥面板混凝土两个阶段的强度、刚度时,可增加受力截面或增加支撑构造。

9.2 计 算 原 则

9.2.1 钢-混凝土组合桥面板的施工计算,底钢板与带孔钢板的强度、刚度应按钢结构计算。

条文说明

钢格子梁和钢箱梁加工制造、运输、安装和桥面板混凝土未达到设计强度前,当底钢板和带孔钢板参与受力时,应按钢结构进行强度、刚度和局部稳定性计算。

9.2.2 钢-混凝土组合桥面板的钢结构施工计算,当受力方向与带孔钢板平行时,应计入底钢板和带孔钢板形成的受力截面对强度、刚度的影响;当受力方向与带孔钢板垂直时,仅计入底钢板受力截面对强度、刚度的影响。

9.2.3 钢-混凝土组合桥面板的钢结构施工计算应按有限元法进行。

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

9.2.5 钢-混凝土组合桥面板浇筑桥面板混凝土阶段的钢结构施工计算,待浇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。

9.2.6 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。

9.3 强度与刚度

9.3.1 钢-混凝土组合桥面板的钢结构施工计算,底钢板的容许

应力不宜大于 $0.35f_y$,带孔钢板的容许应力不宜大于 $0.45f_y$ 。

9.3.2 钢-混凝土组合桥面板的钢结构施工计算,底钢板的容许挠度不应大于 $L/180$ 及 20mm 中的较小值。

条文说明

运输与安装阶段, L 指钢板支承点的间距;浇筑桥面板混凝土阶段, L 指纵横梁的间距(单位:mm)。

10 构造

10.1 一般规定

10.1.1 钢-混凝土组合桥面板承托处的构造示意如图 10.1.1 所示。

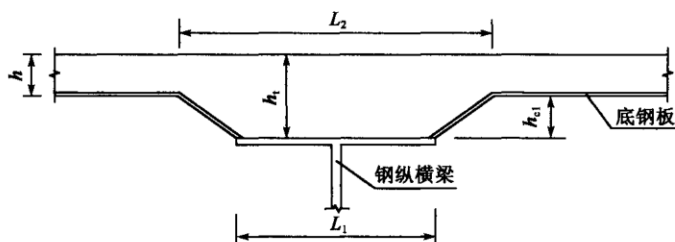


图 10.1.1 钢-混凝土组合桥面板承托构造示意图

L_2 -承托顶的宽度; L_1 -承托底的宽度; h_1 -承托截面总高度; h_{c1} -承托高度; h -钢-混凝土组合桥面板标准截面总厚度

10.1.2 钢-混凝土组合桥面板标准截面总厚度宜为 10 ~ 15cm, 承托截面总高度宜为 22 ~ 28cm。

10.1.3 钢-混凝土组合桥面板应与钢格子梁或钢箱梁主受力方向锚固连接。

条文说明

为了提高钢-混凝土组合板与主梁的整体工作性能,降低钢格子梁或钢箱梁的钢材用量,应使桥面板与主梁形成共同受力的结构。

10.2 底钢板与剪力键

10.2.1 钢-混凝土组合桥面板的底钢板厚度宜为 8 ~ 10mm,带孔钢板厚度宜为 6 ~ 10mm。

条文说明

底钢板需要焊接带孔钢板,可焊接的钢板最小厚度为 6mm,为了减小焊接变形,底钢板最小厚度采用 8mm,同时带孔钢板最小厚度采用 6mm。钢-混组合桥面板在使用阶段底钢板应力水平较低,因此最大底钢板厚度不宜超过 10mm。

10.2.2 钢-混凝土组合桥面板的底钢板与纵横钢梁的焊脚至钢梁边缘的距离宜为 10 ~ 15mm。承托处底钢板折角宜为 40° ~ 50° 。

条文说明

为了避免底钢板与纵横钢梁连接处形成涂装死角,规定底钢板的焊脚至纵横钢梁边缘的距离不大于 15mm;为了保证施焊的可行性,规定了在承托处的底钢板折角范围(图 10.2.2)。

10.2.3 钢-混凝土组合桥面板带孔钢板的开孔直径宜为 5 ~ 6cm, 开孔中心间距宜为 12 ~ 15cm, 开孔距顶面的距离不宜小于 2cm。其构造应符合图 10.2.3 的规定。

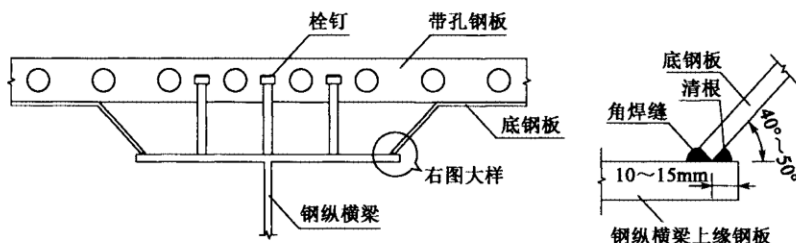


图 10.2.2 底钢板与纵横钢梁的焊接示意

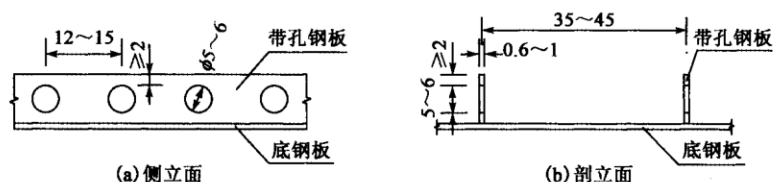


图 10.2.3 带孔钢板构造图(尺寸单位:cm)

10.2.4 带孔钢板与底钢板的连接宜采用连续角焊缝或间断错位双面焊缝,焊脚高度宜大于 6mm。

10.2.5 带孔钢板间的间距宜为 35 ~ 45cm。带孔钢板的方向应与钢格子梁或钢箱梁的构造相匹配。

条文说明

带孔钢板的方向应与钢格子梁或钢箱梁的构造相匹配是指：钢格子梁的带孔钢板设置方向宜垂直于主横梁方向，钢箱梁的带孔钢板宜沿横桥向设置。

10.2.6 带孔钢板的混凝土保护层厚度不宜小于 10mm。

10.2.7 栓钉剪力键的间距宜为 15 ~ 30cm, 当该间距布置的剪力键不能满足抗剪要求时, 宜加密错位布置增加剪力键数量, 剪力键错位布置应符合图 10.2.7 的规定。

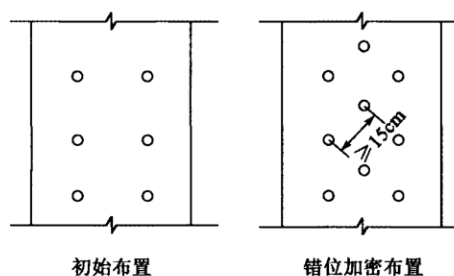


图 10.2.7 剪力键加密错位布置示意图

10.2.8 栓钉剪力键的混凝土保护层厚度不宜小于 15mm。

10.3 钢 筋

10.3.1 钢-混凝土组合桥面板应设置纵横双层钢筋网, 钢筋直径宜为 12 ~ 16mm。

10.3.2 钢-混凝土组合桥面板垂直于带孔钢板方向的底层钢筋应穿过带孔钢板的开孔,其钢筋直径宜为开孔直径的 $1/4$ 。

10.3.3 钢-混凝土组合桥面板在负弯矩区的受拉钢筋配筋率宜大于 2.4% ,受拉钢筋长度应布置在负弯矩区以外,在同一截面截断的受拉钢筋面积占受拉钢筋总面积的百分数不宜超过 50% 。

条文说明

受拉区钢筋配筋率为受拉钢筋面积占混凝土截面面积的百分比。

10.3.4 在负弯矩区段,宜设置弯起钢筋,其构造应符合图 10.3.4 的规定。

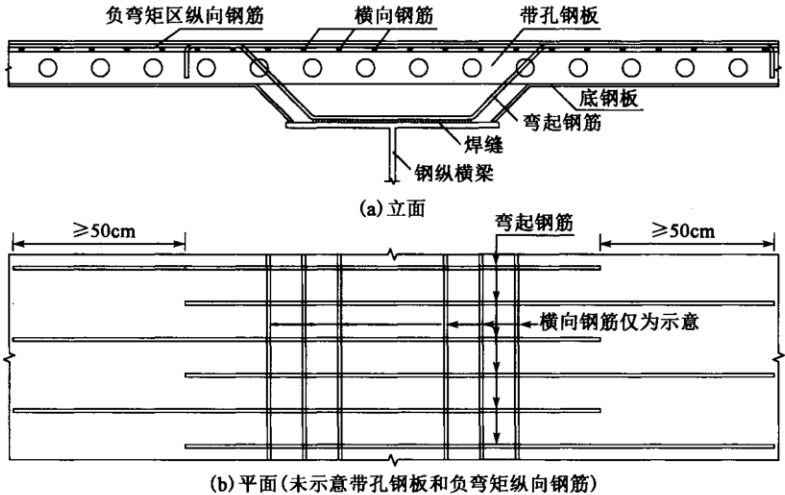


图 10.3.4 负弯矩区段弯起钢筋的构造

条文说明

钢格子梁或钢箱梁上翼缘处的混凝土,受栓钉的局部承压作用而易发生劈裂现象,因此,需配置弯起钢筋加强上翼缘与混凝土的锚固连接,同时抵抗支承处较大的剪力。

10.3.5 在集中荷载区段和施工通道预留孔洞周围应设置分布钢筋网,钢筋直径宜为 10mm,间距宜为 10cm。

10.3.6 钢-混凝土组合桥面板在负弯矩区的纵向钢筋,应伸过主梁的支承处,并留有足够的锚固长度或弯钩。

10.4 混 凝 土 板

10.4.1 底钢板上浇筑的混凝土强度等级宜选用 C40,混凝土粗集料的最大直径不应超过 0.25 倍带孔钢板的开孔直径。

条文说明

为保证混凝土最大粗集料能穿过带孔钢板的开孔,形成较高的锚固抗剪能力,因此,规定了混凝土粗集料的最大直径。

10.5 耐 久 性

10.5.1 钢-混凝土组合桥面板应进行完整的桥面排水设计,桥面

负弯矩区段应设置可靠的桥面防水层。钢结构构件中应尽量避免采用易于积水的闭口截面,并于凹槽、坑槽处设置有效的排水孔。

10.5.2 钢-混凝土组合桥面板的混凝土抗渗等级不宜小于W8级。

10.5.3 钢-混凝土组合桥面板的外露钢结构应采用长效防腐体系,并满足相关标准的要求。

10.5.4 加工制造钢-混凝土组合桥面板的底钢板时,应在位置较低、应力较小的部位设置孔径不小于5cm的施工排水孔,并做好防腐涂装。

条文说明

钢-混凝土组合桥面板的底钢板与带孔钢板加工、制造、安装到浇筑桥面板混凝土期间,因雨水、施工用水等容易积累在桥面板的钢结构中,加上桥面板钢筋多,清除困难,所以应设置施工期间的排水孔。排水孔应在钢结构加工制造时一并设置,并做好涂装。

11 施 工

11.1 钢 结 构

11.1.1 支撑钢-混组合桥面板的钢格子梁或钢箱梁,其下料、加工、制造、运输、安装等工艺和质量控制应满足相关规范要求。

11.1.2 钢-混组合桥面板的底钢板和带孔钢板,原材料的规格、材质、强度等级和检查验收应满足相关规范要求,且必须编制用于指导制作、装配、焊接工艺的文件。

11.1.3 钢板下料应采用激光、等离子或火焰切割下料。过渡坡口应采用铣边机或在内场利用半自动切割机进行加工,焊接坡口应在专用平台上切割完成。

11.1.4 号料严格按套料图进行。钢板起吊转运应采用专用吊具起吊,保证钢板及下料后零件的平整度。

11.1.5 应设计合理的焊接顺序,将焊接产生的变形控制在最小

范围,并在施焊过程中严加控制。

11.1.6 底钢板加工时,先对底钢板长度方向用折边机按设计尺寸要求冷加工折边到位,宽度方向的折边独立下料,并与已折边的钢板进行装配,点焊折边的四角对接缝。

条文说明

底钢板采用的规格较薄、较长,制作时候易产生变形。点焊折边的四角对接缝应点焊在顶面内侧。

11.1.7 带孔钢板采取单独装配、焊接、矫正,合格后再与底钢板点焊装配。

11.1.8 底钢板和带孔钢板的装配应满足下列要求:

- 1 底钢板和带孔钢板应设置 10 ~ 15mm 的反变形。
- 2 应采用先焊外表面焊缝,内侧焊缝用电弧气刨清根后再焊接的焊接顺序。
- 3 带孔钢板的焊接可采用间断错位双面焊缝,其构造应符合图 11.1.8 的规定。

条文说明

由于底钢板和带孔钢板较薄,加工、制造和焊接时变形较大,因此,采取以上措施减少构件焊接时产生的变形。

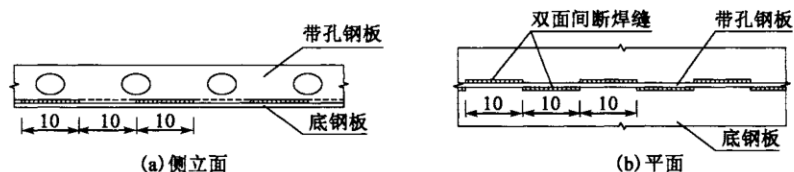


图 11.1.8 带孔钢板与底钢板间断错位双面焊缝构造(尺寸单位:cm)

11.1.9 底钢板与带孔钢板、栓钉加工和组装焊接成构件,并经检查合格后,才能与钢格子梁或钢箱梁组装成主梁。

11.1.10 混凝土浇筑前,应清除底钢板上表面的垃圾、杂物,且不宜涂刷油漆。

条文说明

为了保持底钢板与其上混凝土板的附着力,对底钢板上表面作上述规定,对底钢板应进行预处理。

11.1.11 栓钉端头与圆柱头部不得有锈或污物,严重锈蚀的不得使用,受潮瓷环必须烘干后方可使用。

11.2 混 凝 土

11.2.1 钢-混组合桥面板的混凝土输送可采用泵车或罐车的方式完成。

11.2.2 钢-混组合桥面板的周边应设置专用模板,模板上的钢筋预留孔和模板与底钢板的缝隙宜设置堵头封闭。

11.2.3 确定混凝土浇筑工艺时,应避免振捣混凝土对已初凝的混凝土产生不利影响。

11.2.4 钢-混组合桥面板的混凝土整平后,严禁抹平、收光,并及时覆盖厚型塑料薄膜养护。

12 质 量 验 收

12.0.1 钢-混凝土组合桥面板验收项目的检查方法、操作步骤应满足相关规范和技术规程的要求。

12.0.2 原材料的验收应满足下列规定：

1 天然材料及混凝土外加剂应符合相关技术规范和设计文件的要求。

2 钢纤维和聚丙烯腈纤维应符合本规程规定的技术要求,并应抽样检查。

3 钢材及其连接材料应符合相关技术规范和设计文件的要求。

12.0.3 钢-混凝土组合桥面板质量检查与验收应符合表 12.0.3 的要求。

表 12.0.3 钢-混凝土组合桥面板的质量检查与验收指标要求

序号	验 收 项 目		容许值	检验办法	备注
1	拌和物	1h 坍落度经时损失 (cm)	≤ 3	坍落度筒法	—
2		初始坍落度 (cm)	≤ 20		—
3		浇筑坍落度 (cm)	≤ 18		—
4		扩展度 (cm)	≥ 45		—

表 12.0.3(续)

序号	验收项目		容许值	检验办法	备注
5	强度	抗折强度(MPa)	≥ 5	抽样法	强度等级 为 C40 混凝土
6		抗压强度(MPa)	≥ 40	抽样法和钻 芯取样法	
7	带孔钢板	直线度(cm)	± 0.5	3m 直尺法 和皮尺法	—
8		间距(cm)	± 0.5	钢尺法	为带孔钢 板间的间距
9		开孔位置(cm)	± 0.3	钢尺法	—
10		开孔直径(cm)	± 0.1	钢尺法	—
11	底钢板的平整度(cm)		± 0.5	3m 直尺法	—
12	角焊缝		100%	磁粉法	焊缝等级 满足设计 要求
13	熔透焊缝		100%	超声波法	
14	养护	覆盖薄膜时间(min)	≤ 5	—	整平后距 离覆盖薄膜 的时间
15		拆除薄膜时间(d)	≥ 4	—	—
16	混凝土表面平整度(cm)		± 0.3	3m 直尺法	—
17	桥面板总厚度(cm)		± 0.5	—	—

12.0.4 钢-混凝土组合桥面板的验收资料与程序应符合相关规范的规定。