

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2020.11.016

# 现浇箱梁桥桥面板受力分析

蔺国军, 童景盛

(中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 为了研究现浇预应力混凝土城市桥梁桥面板的受力、构造及配筋, 以天水市藉口镇藉河大桥工程的 3~35 m 现浇预应力混凝土梁为例, 采用 Midas Civil 程序进行桥面板结构计算, 在此基础上提出常规现浇箱梁桥面板的倒角尺寸。计算结果表明: 城市桥梁车辆荷载轴重较大, 且由于新桥涵通规基本组合对车辆荷载分项系数的提高, 以往的小尺寸倒角桥面板在腹板根部抗剪承载力已显不足, 需增大倒角尺寸以满足桥面板抗剪承载力要求。

**关键词:** 桥面板; 抗剪承载力; 车辆荷载; 温度梯度

**中图分类号:** U443.31

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2020)11-0058-03

## 0 引言

《公路桥涵设计通用规范》(JTG D63—2015)(以下简称《通规》)规定车辆荷载总重 550 kN, 轴重 140 kN。随着城市的不断发展, 城市道路上出现了一些较大的重型车辆。为此, 《城市桥梁设计规范》(CJJ 11—2011)(以下简称《桥规》)规定了城-A 级汽车车辆荷载总重为 700 kN, 轴重为 200 kN。由于《通规》中荷载效应基本组合时, 分项系数由原来的 1.4 提高为 1.8, 导致桥面板横框计算时其剪力效应增加了约 1.29 倍。预应力混凝土箱梁桥面板较薄, 很难配置抗剪钢筋, 因此只能从增加桥面板厚度或者增大桥面板倒角尺寸方向去提高桥面板的抗剪承载力, 而增加桥面板厚度会显著增加桥梁的自重, 故调整桥面板与腹板间的倒角尺寸不失为一种简单、有效提高桥面板抗剪承载力的方法。

## 1 研究背景

结合天水市藉口镇藉河大桥项目建设, 针对项目采用较多的预应力现浇箱梁进行横向受力分析, 拟定现浇箱梁桥面板采用钢筋混凝土结构, 控制最大腹板间距为 5 m, 桥面铺装为 10 cm 的沥青混凝土, 桥面板厚度为 25 cm、桥面板与腹板的倒角采用了 60×20 cm、100×20 cm、100×25 cm、100×30 cm 四种形式。

## 2 结构计算参数

采用 Midas Civil 2019 程序建立横框模型,

收稿日期: 2019-05-03

作者简介: 蔺国军(1989—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事桥梁结构设计与研究工作。

桥面板支撑长边和短边之比均大于 2, 为横向单向板, 计算选取跨中纵向 1 m 范围横向框架为计算模型, 结构计算模型如图 1 所示, 全框架均采用梁单元, 材料为 C50 混凝土及 HRB400 钢筋(直径 20 mm、间距 150 mm), 其材料强度、弹性模量及线膨胀系数均按规范采用。

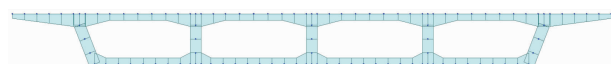


图 1 midas civil 横框模型

桥面板所受恒载主要为自重及二期恒载, 其中自重重度按照 26 kN/m<sup>3</sup> 采用, 二期恒载为 2.4 kN/m, 沿横向均布, 两侧的防撞护栏重量为 13 kN, 作用于悬臂端部。活载主要有车辆荷载及温度梯度作用, 其中汽车荷载采用城-A 车辆荷载, 计入冲击系数 0.3, 车轮荷载分布宽度计算如下:

桥面铺装层厚度:  $h=10$  cm。中后车轮着地宽度:  $a_1=0.25$  m,  $b_1=0.6$  m。轮载分布宽度如下:

(1) 箱室顶板轮载分布宽度:

箱室顶板计算跨径:  $L=L_0+t=4.2+0.25=4.55$  m;

a. 单轮荷载分布宽度:

支点处:  $a=(a_1+2h)+t=0.25+2\times 0.1+0.25=0.7$  m。

箱室顶板跨中处:  $a=(a_1+2h)+L/3=0.25+2\times 0.2+4.55/3=2.167$  m  $< 2L/3=3.033$  m, 取  $a=3.033$  m。

箱室顶板轮载分布宽度扩散范围:  $X=(3.033-0.7)/2=1.167$  m。

b. 双轮荷载分布宽度:

支点处:  $a=(a_1+2h)+d+t=0.25+2\times 0.1+1.2+0.25=1.9$  m。

箱室顶板跨中处:  $a=(a_1+2h)+d+L/3=0.25+2\times 0.1+1.2+4.55/3=3.17$  m  $< 2L/3+d=4.233$  m, 取

$a=4.233\text{ m}$ 。

(2)悬臂板部分轮载分布宽度:

单轮荷载分布宽度: $a=(a_1+2h)+2lc=0.25+2\times 0.1+2\times 2.4=5.25\text{ m}$ 。

双轮荷载分布宽度: $a=(a_1+2h)+2c+d=0.25+2\times 0.1+2\times 2.4+1.2=6.45\text{ m}$ 。

横桥向按影响线加载,单轮加载时轮重采用100 kN,双轮加载时轮重采用70 kN,影响线系数为轮载分布宽度的倒数,车轮传递在桥面板上荷载的有效分布宽度如图2所示。

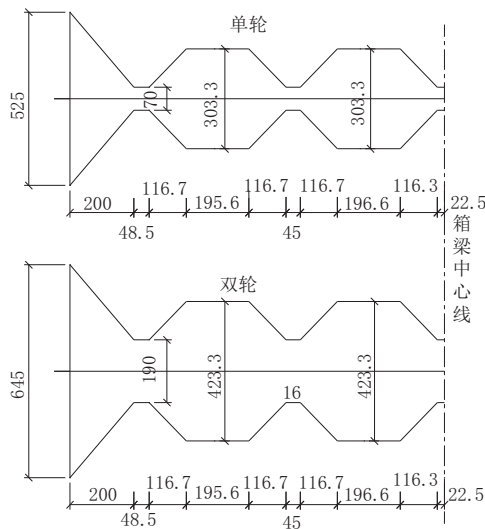


图2 车轮有效分布宽度示意图(单位:cm)

温度梯度作用分日照、寒潮两种模式,其作用模式如图3所示。

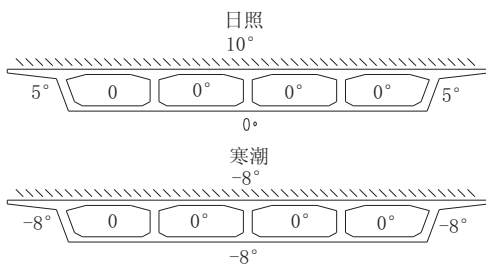


图3 梯度温度加载示意图

荷载组合按照《通规》规定组合,分项系数及组合系数的乘积见表1,基本组合用来检算抗弯及抗剪承载力,频遇组合及准永久组合用来检算抗裂能力。

表1 荷载组合系数

荷载类别	恒载/kN	汽车荷载/kN	温度/℃
1 基本组合	1.2	1.8	$1.4\times 0.75$
2 频遇组合	1	0.7	0.8
3 准永久组合	1	0.4	0.8

### 3 结构计算结果及分析

根据对整个桥面横框受力分析,桥面板受力

最不利部位为边室,其最大内力发生截面为边腹板内侧边缘,计算时对悬臂板根部、左侧腹板内边缘、左侧倒角中部、左侧倒角折角处及桥面板跨中5个部位进行验算,并列出了4种不同倒角情况下边室桥面板以上5个部位的抗弯承载力,裂缝及抗剪承载力的验算结果,验算采用《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)(以下简称《混规》)中相应公式,保护层厚度取30 mm,其计算结果见表2至表5。

表2 桥面板计算结果(倒角600 mm×200 mm)

检算截面	抗弯/(kN·m)	裂缝/mm	抗剪/kN
悬臂板根部	176/256	0.09/0.15	384/447
左侧腹板内边缘	205/256	0.08/0.15	471/369
左侧倒角中部	145/187	0.09/0.15	318/250
左侧倒角折角处	93/118	0.10/0.15	213/240
跨中	86/118	0.08/0.15	72/240

注:“/”左右两侧数据分别为相应项的设计值和限值。

表3 桥面板计算结果(倒角1000 mm×200 mm)

检算截面	抗弯/(kN·m)	裂缝/mm	抗剪/kN
悬臂板根部	176/256	0.09/0.15	384/447
左侧腹板内边缘	219/256	0.10/0.15	444/402
左侧倒角中部	124/187	0.09/0.15	260/289
左侧倒角折角处	69/118	0.08/0.15	161/240
跨中	84/118	0.06/0.15	80/240

注:“/”左右两侧数据分别为相应项的设计值和限值。

表4 桥面板计算结果(倒角1000 mm×250 mm)

检算截面	抗弯/(kN·m)	裂缝/mm	抗剪/kN
悬臂板根部	176/256	0.09/0.15	384/447
左侧腹板内边缘	228/290	0.10/0.15	446/438
左侧倒角中部	132/204	0.08/0.15	263/297
左侧倒角折角处	74/118	0.08/0.15	167/240
跨中	82/118	0.06/0.15	82/240

注:“/”左右两侧数据分别为相应项的设计值和限值。

表5 桥面板计算结果(倒角1000 mm×300 mm)

检算截面	抗弯/(kN·m)	裂缝/mm	抗剪/kN
悬臂板根部	176/256	0.09/0.15	384/447
左侧腹板内边缘	234/325	0.10/0.15	447/476
左侧倒角中部	137/221	0.08/0.15	264/312
左侧倒角折角处	77/118	0.08/0.15	163/240
跨中	80/118	0.08/0.15	84/240

注:“/”左右两侧数据分别为相应项的设计值和限值。

由上面4个表格可以看出,在限定的腹板间距情况下4种不同倒角桥面板的抗弯承载力和裂缝宽度均能满足《混规》要求,桥面板倒角尺寸由剪力控制。其主要原因有两个方面。一是由于倒角尺寸的变化导致桥面板的刚度分布发生变化,越大的倒角会导致分配到桥面板腹板根部的弯矩越大,而剪力的大小基本一致。二是车轮在腹板支点附近分布宽度很小,造成车轮位于腹板附近时单位宽度的桥面板承受的剪力很大,而在腹板支点附近时力臂很小,故其对弯矩影响较小。

根据计算结果,本桥的倒角尺寸需采用 $100 \times 30$  cm才能完全满足桥面板的抗弯、抗裂和抗剪计算,但考虑到程序将车轮荷载按照集中荷载进行加载,而实际车轮在桥面板横向为一均布荷载,程序计算结果偏不利。桥面板倒角采用 $100 \times 25$  cm时程序计算左侧腹板内边缘截面剪力与抗剪承载力仅相差2%,考虑到车轮荷载按集中荷载加载时为偏安全的加载方式,因此桥面板采用 $100 \times 25$  cm倒角时也可认为能够满足抗剪受力要求。

## 4 结 论

(1)本文从天水市藉口镇藉河大桥项目第四联3~35 m预应力混凝土现浇箱梁桥面板设计为基础,进行了 $60 \times 20$  cm、 $100 \times 20$  cm、 $100 \times 25$  cm、 $100 \times 30$  cm四种倒角尺寸下桥面板的抗弯、抗裂

和抗剪计算分析,计算结果表明,在腹板间距不大于5 m时,桥面板剪力控制整个桥面板的设计。

(2)桥面板的内力主要由车辆荷载和温度梯度作用产生。根据横向加载分析影响线可知,车轮加载至腹板边缘时截面剪力最大。温度梯度效应采用寒潮模式,其效应与车辆荷载在腹板根部为同一方向。

(3)小倒角桥面板虽然控制截面高度较小,但其分配的弯矩也相应较小,在合理的配筋下,其抗弯、抗裂也能满足受力要求。而受桥面板本身构造限制,较难在桥面板中配置抗剪钢筋,只能在腹板根部采用较厚的桥面板尺寸来提高其抗剪承载力。

(4)在实际工程中,可以通过优化桥面板与腹板间的倒角设计来合理地改善桥面板的受力,保证桥面能够在满足受力要求的情况下尽量减小结构自重。

### 参考文献:

- [1] 王兆铭. 大挑臂宽箱梁桥面板设计[J]. 广东建材, 2018(5): 55-58.
- [2] 朱果. 大挑臂连续宽箱梁桥面板简化设计方法研究[J]. 中国市政工程, 2011(2): 72-74, 87.
- [3] CJJ 11—2011, 城市桥梁设计规范[S].
- [4] JTG D63—2015, 公路桥涵设计通用规范[S].
- [5] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

(上接第44页)

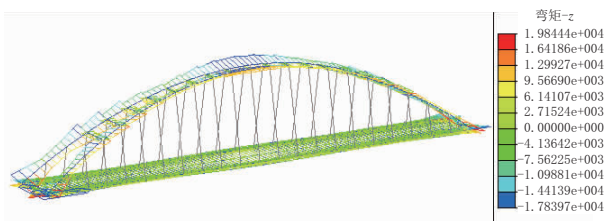


图 10 E2 横向工况下的地震弯矩(单位:kN·m)

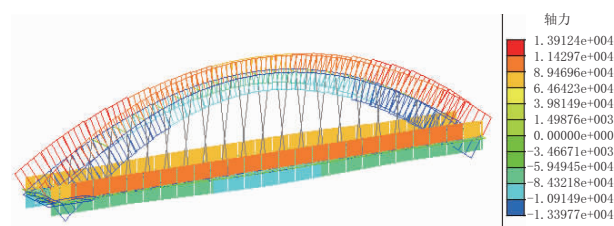


图 11 E2 横向工况下的地震轴力(单位:kN)

综上所述,采用组合减隔震体系后,E2纵向工况最大地震弯矩 $33\ 532$  kN·m,轴力 $8\ 675$  kN;E2横向工况最大地震弯矩 $19\ 844$  kN·m,轴力

$13\ 912$  kN。将地震响应与恒载组合验算主梁、拱肋和桥台在地震下受力,结果均满足《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01—2008)要求。

## 3 结 语

(1)地震作用下,采用常规设计的固定墩地震响应较大,验算很难通过。采用摩擦摆减隔震支座+黏滞阻尼器组合减隔震体系后,地震响应平均到各个墩台,同时通过摩擦耗能,可以减小地震响应。

(2)将摩擦摆减隔震支座+黏滞阻尼器组合应用,不仅发挥了摩擦摆减隔震支座耗能的特点,还能通过黏滞阻尼器来防止主梁在地震下出现过大的滑动,减弱结构损伤。

### 参考文献:

- [1] 范立础,王志强. 桥梁减隔震设计[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.