

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyh.2023.04.025

鸠江南路青弋江大桥设计简介

程春其

(中铁城市规划设计研究院有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 主要介绍青弋江大桥的设计过程, 详细说明其桥址处的环境水文情况, 依据其服役环境对主体桥梁和引桥进行了选线分析, 整体选用S型线位布置。同时, 利用自主开发的平面有限元软件SCDS对主桥箱梁横纵向承载力进行了计算分析, 并利用Midas软件进行验算。该桥桥型新颖, 结构复杂, 具有一定的先进性。

关键词: S型线位; 箱梁计算; 结构设计; 施工措施

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0090-04

0 引言

鸠江南路青弋江大桥是芜湖市区一座重要的大型桥梁, 是联结多片区发展的关键跨江通道。桥梁建设的设计方案需要满足设计合理, 保证桥梁施工方便、造价可控, 根据服役环境的地质、地貌, 水文和河流走向特征, 从实用和美观的角度考量, 选择最佳的设计方案^[1]。

S型线位桥梁的空间受力相比直线桥梁复杂得多^[2-3]。若设计失当, 在遇到环境温度变化、支座不均匀沉降等情况都会对桥梁造成不利影响。该桥需要满足防洪和通航要求, 因此将规划线位调整呈S型布置, 大大增加了桥梁的设计难度^[4-5]。除此之外, 施工时桥下航运不能中断, 大跨度桥梁空中悬臂施工时需要设计超高、曲线上的预应力张拉需要采取防崩措施^[6-7]。运营阶段造成桥梁倾覆的主要原因是车辆超载及设计缺陷^[8], 抗倾覆稳定性也是重要的设计目标。

现利用中铁大桥勘测设计院集团有限公司自主研发的平面有限元计算程序SCDS进行二维箱梁计算, 并采用Midas软件进行检算。现将设计中采取的方案情况进行介绍。

1 桥位概况

鸠江南路是芜湖市规划中一条南北向的城市主干道。该项设计路段起于黄山东路, 终于利民东路, 线路全长1.53 km, 红线宽50 m, 为双向6车道设计。其中, 青弋江大桥是一座大型桥梁, 是该项目的

一个重要节点。此处青弋江是芜申运河的一段, 现为限制性Ⅲ级航道, 两岸防汛大堤之间的距离为180 m左右。桥梁设计的主要技术标准为:

- (1) 道路等级: 城市主干道;
- (2) 设计车速: 50 km/h;
- (3) 汽车荷载等级: 城-A级, 群按CJJ11-2011第10.0.5条计算;
- (4) 设计洪水位: 11.98 ($P=1/100$);
- (5) 最高通航水位: 10.26 m, 最低通航水位: 1.53 m;
- (6) 航道等级: 按限制性Ⅲ级 (净宽100 m, 净高 ≥ 7 m);
- (7) 设计基准期: 100 a; 设计使用年限: 100 a;
- (8) 设计安全等级: 一级;
- (9) 抗震设防分类为丙类, 基本烈度为6度, 按7度设防;
- (10) 桥梁结构的设计环境条件: I类。

2 桥梁方案设计

2.1 线位布置

由于规划线位的法向与主航道存在 18° 的斜交角, 不满足水利和航道部门需保证桥梁线位尽量与主航道和河道垂直的要求。考虑到北岸小区已经建成, 南岸地块已出让, 线位调整有限, 只能在规划线位的基础上进行优化, 最终线形由桥位河道和航道控制。线位布置如图1所示, 路线法线方向与青弋江航道交角不大于 5° 。北岸设置 $Ls75\text{ m}+R251\text{ m}+Ls75\text{ m}$ 平曲线, 南岸设置 $Ls75\text{ m}+R410\text{ m}+Ls75\text{ m}$ 平曲线, 与青弋江航道交角 85° 。

2.2 桥型方案研究

主桥采用 $68\text{ m}+110\text{ m}+68\text{ m}$ 的三跨连续梁方

收稿日期: 2022-09-06

作者简介: 程春其(1966—), 男, 工学学士, 高级工程师, 从事桥梁设计研究工作。

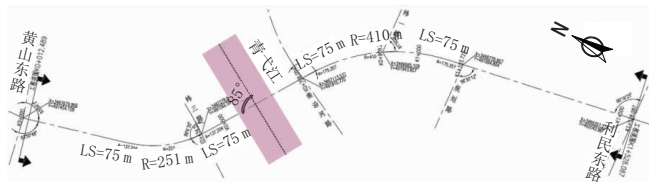


图1 线位布置图

案。其中,最大跨径为110 m,跨越青弋江主航道;两端68 m的副跨,跨越青弋江两岸大堤。根据通航要求净空确定的桥梁建设高度、地面现状及设计纵坡确定北岸需设10孔30 m跨,南岸需设12孔30 m跨。另外在主桥人行道两端设计了4座梯道桥和坡道桥,以方便行人和非机动车(推行)上下桥,桥型如图2所示。主桥采用挂篮悬臂现浇施工,其他采用搭支架现浇施工。

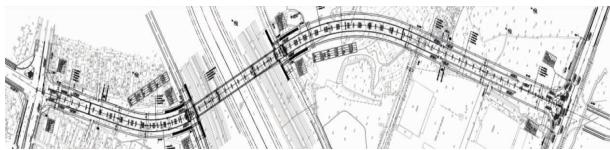


图2 桥型布置图

2.3 桥梁立面布置

鸠江南路青弋江大桥是青弋江的跨江通道之一。该工程桥位河流自东向西汇入长江,距离入江口约6.05 km,距下游铁路桥仅465 m,距上游三环路青弋江桥1.22 km。根据平面的布孔方案、路线纵坡和勘测剖面图进行桥梁立面布置,经第三方的防洪影响评价和通航影响论证后,最终确定桥梁跨径总长为 $(10 \times 30) \text{ m} + (68 + 110 + 68) \text{ m} + (12 \times 30) \text{ m} = 906 \text{ m}$,桥梁立面布置简图(幅面有限,仅示主桥)如图3所示。

2.4 桥梁横断面布置

主桥横断面布置为2.5 m(人行道)+23 m(车行道)+2.5 m(人行道)=28 m,采用左右幅单箱单室并

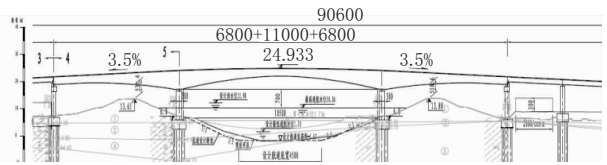


图3 桥梁立面图

排布置;引桥横断面布置为0.5 m(防撞护栏)+23 m(车行道)+0.5 m(人行道)=24 m,采用整幅单箱3室布置。两侧梯道桥断面宽4.5 m,采用现浇钢筋混凝土梁板式结构。

3 主桥结构设计

主桥选用三跨预应力混凝土变截面连续箱梁,用以跨越青弋江主航道和两岸防洪大堤。主桥箱梁边支点梁高2.8 m,跨中梁高2.8 m,按1.8次抛物线渐变至中支点处的6.8 m;顶板厚0.28 m;底板厚0.30 m,按1.8次抛物线渐变至中支点处的1.20 m;跨中腹板厚0.6 m,在中支点附近区域加厚至0.9 m,在边支点附近区域加厚至0.75 m。悬臂长3.195 m,悬臂根部厚0.65 m。

3.1 主桥箱梁纵向整体计算

该桥计算采用中铁大桥勘测设计院集团有限公司自主研发的平面有限元计算程序SCDS计算,全桥共有节点85个,梁单元84个,支撑单元4个。有限元分析离散图如图4所示。表1统计了桥梁支点在不同荷载状态下的反力,结构是对称的:1号和4号墩在恒载、活载和附加质量共同作用下最大支点反力为10 092.72 kN,最小支点反力为4 804.134 kN。2号和3号最大反力为63 722.31 kN,最小支点反力为52 941.18 kN。



图4 二维有限元离散图

表1 支点反力一览表

单位:kN

墩号	单元	恒载	活载		恒+活+附	
			Max	Min	Max	Min
1	S-1	6 441.155	2 505.196	-1 022.59	10 092.72	4 804.134
2	S-2	54 479.29	6 854.583	-577.072	63 722.31	5 2941.18
3	S-3	54 479.29	6 854.583	-577.072	63 722.31	5 2941.18
4	S-4	6 441.155	2 505.196	-1 022.59	10 092.72	4 804.134

运营阶段计算结果如图5所示。之后利用Midas Civil软件进行复核,模拟施工到成桥全过程的受力分析,施工挂篮设计自重按照75 t考虑,以确保结构施工阶段和运营阶段的安全。

3.2 主桥箱梁横向计算

横向计算的关键点是要将底板横向预应力张拉

产生的径向力作为外荷载作用在底板相应的单元上。这样计算通过的底板在实际底板预应力张拉的过程中就不会出现拉崩的现象,横向计算有限元模型如图6所示。图7给出了箱梁横向载重布置方案,执行标准为2011城A级。经过计算得到结果如图8所示。运营阶段桥梁顶板最大弯矩为-112 kN·m,最

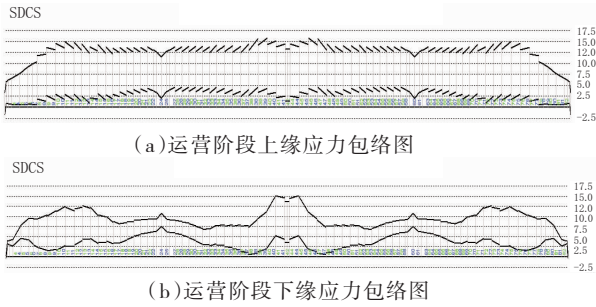


图5 桥梁应力包络图(单位:MPa)

大剪力为 -64 kN; 底板最大弯矩为 -125 kN·m, 最大剪力为 130 kN。按钢筋混凝土构件检算, 承载能力和裂缝均满足规范要求, 裂缝验算结果如图9所示。

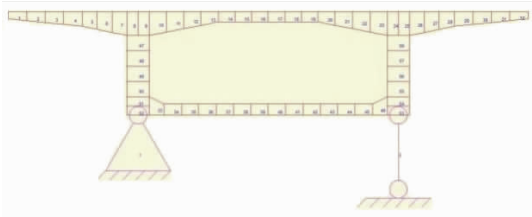


图6 二维箱梁有限元图

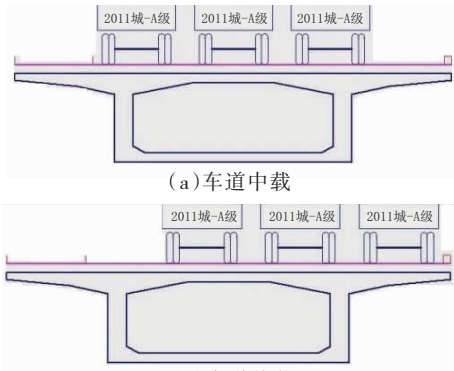


图7 车道布置图

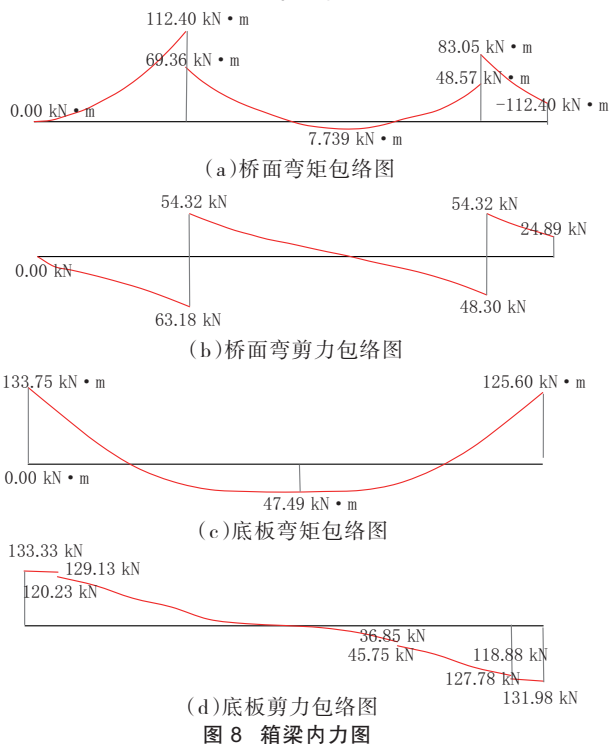


图8 箱梁内力图

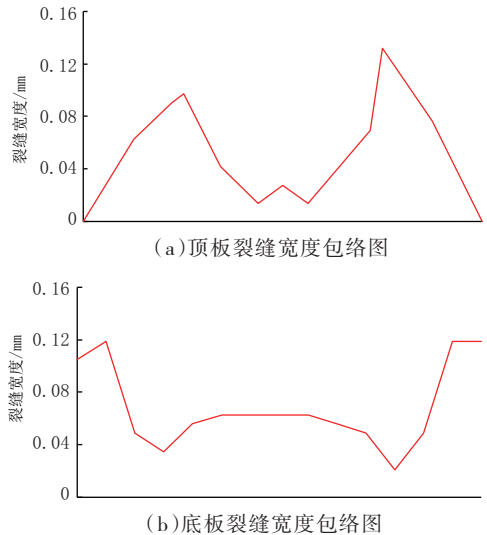


图9 箱梁裂缝宽度包络图

3.3 主桥箱梁端横梁计算

主桥端箱梁和中横梁采用的计算方法相同。因篇幅限制本文仅以端箱梁计算为例。计算模型采用平面杆系程序进行计算。模型共分30个单元, 2个刚臂单元, 33个节点, 2个主要支承元, 模型详见图10所示。

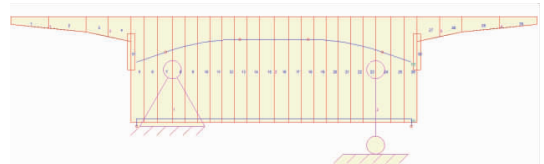


图10 箱梁截面有限元图示

主桥箱梁端横梁的计算过程如下:

(1)混凝土最大压应力检算: 使用阶段预应力混凝土受弯构件正截面混凝土的压应力应符合 $\sigma_{kc} + \sigma_{pt} \leq 0.5 f_{ck} = 16.2 \text{ MPa}$ 。

(2)预应力钢筋最大拉应力检算: 使用阶段预应力混凝土预应力筋的拉应力应符合 $\sigma_{pe} + \sigma_p \leq 0.65 f_{pk} = 1209 \text{ MPa}$ 。

(3)混凝土主压应力检算: 预应力混凝土主压力要求 $\sigma_{cp} \leq 0.6 f_{pk} = 19.44 \text{ MPa}$ 。

(4)正截面抗裂性检算: 按 JTG 3362—2018 第 6.3.1 条关于 A 类预应力混凝土现浇构件的规定进行验算。

(5)斜截面抗裂性检算: 设计按照 A 类预应力混凝土构件进行, 按规范, 对于工地现浇构件, 作用短期效应组合下要求 $\sigma_{tp} \leq 0.5 f_{tk} = 1.325 \text{ MPa}$ 。

(6)正截面强度计算: 按 JTG 3362—2018 第 5.2.2 条规定的正截面抗弯承载力进行强度验算。在承载能力极限状态下, 预应力不作为荷载, 而作为结构抗力的一部分。

(7)斜截面强度计算:按 JTG 3362—2018 第 5.2.7 条规定的斜截面抗剪进行强度验算。

以上检算结果均满足现行规范要求。

3.5 主桥施工措施

主桥箱梁基本位于直线段,但北岸最后一个悬臂节段位于曲线超高缓和段上,需要在墩梁临时固结的基础上采取加强措施。合龙段需采取型钢临时锁定、施加临时合龙段预应力和临时水箱压重等措施防止合龙段混凝土开裂。为防止合龙段混凝土出现收缩裂缝,合龙段混凝土采用微膨胀混凝土。合龙顺序按照先边跨后中跨进行,中跨合龙前,必须解除主墩处的墩梁临时固结。为确保成桥后线型与设计一致,保障行车舒适,跨中预拱度按恒载挠度 +1/2 活载挠度进行设置,支点到跨中按二次抛物线设置。

4 引桥结构设计

北引桥为 1 联 4×30 m 和 2 联 3×30 m 现浇预应力混凝土连续箱梁,南岸引桥为 4 联 3×30 m 现浇预应力混凝土连续箱梁。特别是北岸引桥位于半径 251 m 的曲线上,为确保设计车速 50 km/h,需要在曲线外侧设置超高。另外由于半径较小,为确保预应力张拉不出现拉崩的现象,需要在曲线箱梁的跨中加设横隔板和在腹板预应力管道上加设防崩钢筋的措施来确保结构在张拉过程中的安全。对于曲线段的箱梁的抗倾覆稳定问题,需要建立空间模型验算,在保证抗倾覆稳定系数不小于 2.5 的情况下,确保各支座在所有工况作用下,支座的最小支反力不小于 20 t,以保证桥梁具有足够的抗倾覆稳定性。

5 下部结构设计

主桥墩位于河道内,考虑到防撞和不阻水,设计选用圆端形实体墩身,能有效抵抗船只撞击又能保障河道水流通畅。船舶撞击力按顺桥向 65 t,横桥向 80 t 考虑。为保证桥梁整体美观度,引桥桥墩采用双柱式花瓶墩,支座间距 8 m。基础采用钻孔灌注桩,墩

身与桩基之间采用承台相连,主河道内的承台顶面埋入规划河床线以下不少于 1 m,其他承台顶面埋入地面以下不小于 0.5 m。

6 结语

(1)S 型线位布置桥梁兼具了造型优美,受力合理等规范要求,非常适合作为市内关键区域互通方案的桥型,同时也体现了“因地制宜,量体裁衣”的桥梁设计理念。

(2)进行主桥设计时,箱梁纵向和横向承载力计算以及裂缝要求均满足规范要求,并对主桥施工,引桥设计和下部结构设计的关键事项进行了介绍。

(3)该项桥梁设计满足了航道和河道主管部门的要求,桥梁建设的高度满足了通航净空要求及防汛期间车辆通行净高的要求。该桥曲线部分通过设置超高满足了设计车速的要求。

(4)预应力的防崩问题通过加设横隔板和设置防崩钢筋的措施来解决。曲线段箱梁需要抗倾覆稳定验算,水中墩考虑了防撞设计,以保证桥梁运营中的安全性。

参考文献:

- [1] 梁艳,何畏,唐茂林.桥梁美学 2020 年度研究进展[J].土木与环境工程学报(中英文),2021,43(S1):234-241.
- [2] 惠卓,秦卫红,赵金石,等.一种预应力曲线梁新型布筋形式的试验研究[J].土木工程学报,2011,44(S1):121-127.
- [3] 刘建威,于鹏,李德建.S 型曲线钢箱梁桥空间受力特性研究[J].铁道科学与工程学报,2018,15(2):427-434.
- [4] 张胜利.宁波舟山港主通道(鱼山石化疏港公路)工程海域桥梁总体设计[J].公路,2021,66(11):169-173.
- [5] 马进荣,李宗骏.铁路跨河桥梁工程防洪评价常见问题探讨[J].水利水电工程学报,2015(6):76-81.
- [6] 骆兴荣,袁明,任达成,等.连续刚构桥顶板崩裂影响因素分析[J].中外公路,2014,34(4):109-112.
- [7] 周勇,田斌,张超.小半径大超高箱梁桥悬臂施工挂篮设计研究[J].公路,2018,63(5):162-164.
- [8] 官亚峰,何钰龙,谭国金,等.三跨独柱连续曲线梁桥抗倾覆稳定性分析[J].吉林大学学报(工学版),2018,48(1):113-120.