

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.06.026

主跨 228 m 高墩多跨不对称刚构—连续梁桥设计

夏支贤, 李梅, 陈永亮, 钟豪, 李航

(云南省交通规划设计研究院有限公司, 云南 昆明 650041)

摘要: 云南省绥江县云川金沙江大桥为(90+190+228+123+60) m 刚构—连续梁桥, 该桥具有跨数多、跨度大、桥墩高、不对称等特点, 设计难度大。设计上采取了一系列针对措施, 较好地展现了这一桥型的优点, 同时又克服了缺点, 对桥梁设计具有一定参考价值。

关键词: 刚构—连续梁桥; 高墩多跨; 不对称

1 工程概况

1.1 桥梁简介

云川金沙江大桥位于云南省昭通市绥江县境内, 绥江县城东侧约 3.5 km 的金沙江河谷上, 桥位处为向家坝电站蓄水淹没区, 大桥连接云南省绥江县和四川省屏山县。大桥设计为(90+190+228+123+60) m 刚构—连续梁桥, 主跨由蓄水前金沙江江面宽度确定

为 228 m, 绥江岸(左岸)地势相对较缓, 布置了 190 m 的次主跨和 90 m 的边跨; 屏山岸(右岸)地势较陡, 布置了 123 m 的边跨及 60 m 连续跨, 该桥具有跨数多、跨度大、桥墩高、不对称等特点, 桥型布置见图 1。

1.2 主要技术指标

① 道路等级: 城市主干道, 双向两车道布置; ② 桥面布置: 净 9 m(行车道)+2×2 m(人行道); ③ 设计速度: 60 km/h; ④ 设计荷载: 公路—Ⅰ级, 人群荷载: 标准值 3.0 kN/m²; ⑤ 通航等级: 内河三级航道;

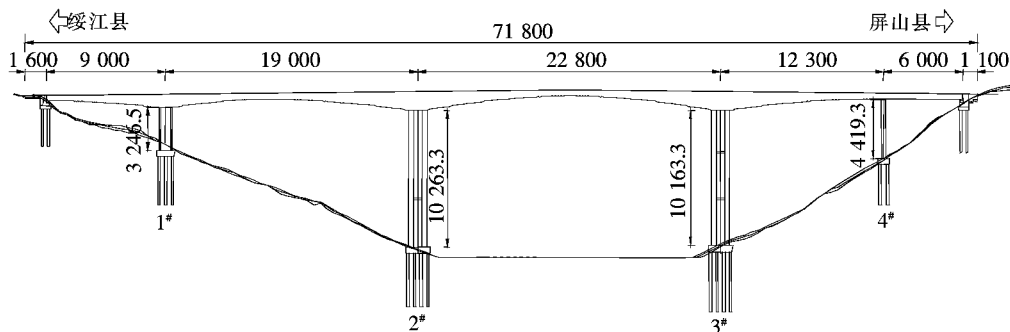


图 1 云川金沙江大桥桥型布置图(单位:cm)

要求、正常使用极限状态满足原设计标准要求的原则对旧桥梁板进行结构验算, 并结合桥梁检测结论, 8、10 m 跨径空心板需进行换板处理; 13、16、20 m 跨径梁板无需加固可直接利用, 其中外边板作为成桥阶段的中板使用。新旧桥临时拼接方案既解决了交通转换期间保通的问题, 也可以避免桥梁超宽设计, 从而节约工程造价, 减少征地拆迁。新旧桥临时拼接方案适用于改扩建前后路线平纵面变化不大的情况, 当平纵面有较大变化时, 新拼接桥宽需要综合考虑交通组织保通需

要确定。

参考文献:

- [1] 中交第二公路勘察设计院有限公司. 沈阳至海口国家高速公路水口至白沙段改扩建工程施工图设计文件[Z], 2018.
- [2] 谭少华, 邱新林. 广佛高速公路扩建工程桥梁拼接技术[J]. 中外公路, 2009(8).
- [3] 鞠金莹. 沪宁高速公路(江苏段)扩建工程桥梁拼接设计构思[J]. 中外公路, 2006(6).

收稿日期: 2019-03-12

作者简介: 夏支贤, 男, 硕士, 高级工程师. E-mail: xiazhixian@126.com

⑥ 地震基本烈度:Ⅶ度;地震动峰值加速度:0.1g。

2 桥梁纵面及大桥预拱度设置

2.1 桥梁(路线)纵面布设

该桥两岸接线工程高程不受限,故大桥纵面可根据大桥结构需求设计,为更好地控制主跨跨中下挠,将主跨布设于双向纵坡上,跨中为竖曲线最高点,大桥纵面如图2所示。

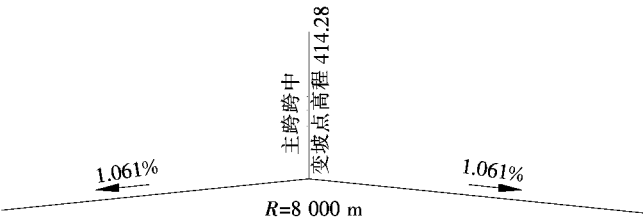


图2 云川金沙江大桥(路线)纵面布置示意图(单位:m)

2.2 预拱度设置

文献[1]指出跨中设置适中的预拱度值,且预拱度的设置宜大不宜小,该桥在预拱度设置上除计算预拱度=成桥(铺装完成)后10年的收缩徐变挠度+活载(汽车、人群)挠度外,还设置了下挠补偿预拱度,次主跨为15 cm,主跨为20 cm,在桥跨范围内设置见图3,最终成桥线形为设计标高+预拱度,预拱度设置后未对大桥纵曲线产生明显影响。

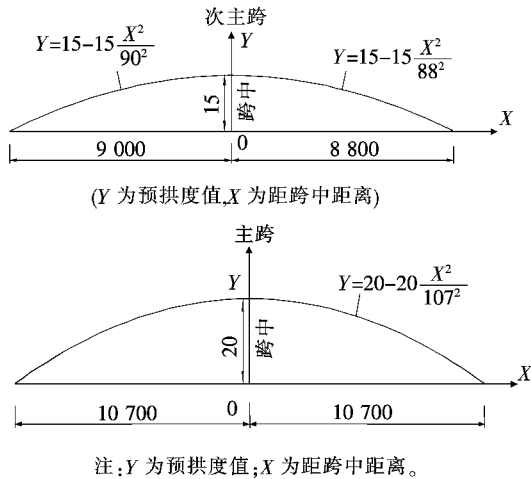


图3 补偿预拱度设置示意图(单位:cm)

3 大桥主要结构设计

3.1 上部结构设计

上部结构箱梁采用单箱单室截面,顶宽为13 m,

底宽为7.5 m,箱梁标准断面如图4所示。全桥由3个T构组成,1个小T(1#墩)和2个大T(2#、3#墩)。根据结构特点、施工挂篮的承重能力和特点,以及预应力设计的总体要求,小T划分为19个悬臂浇筑节段,大T划分为24个悬臂浇筑节段。全桥箱梁主要尺寸见表1,文献[2]指出梁高变化所采用抛物线次数不宜小于1.8,文献[1]指出对于跨径大于150 m的可采用1.6~1.8次抛物线,该桥梁高、底板厚度由跨中到根部均按1.8次抛物线变化。文献[1]指出预应力混凝土连续刚构桥的跨中梁高宜采用1/40~1/50的主跨跨径,根部梁高宜采用主跨跨径的1/16~1/18。可以看出:云川金沙江大桥上部结构主要尺寸均在合理范围,小T根部梁高以及主跨跨中梁高甚至还稍微偏小。60 m连续跨箱梁采用等截面,梁高4.5 m,腹板厚0.5 m,端横梁和4墩横梁腹板厚1.2 m,横梁宽2 m。

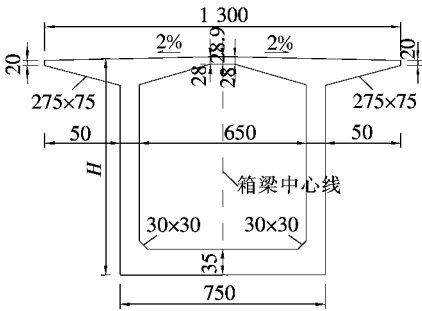


图4 箱梁标准断面图(单位:cm)

上部结构箱梁在常规设计的基础上主跨和次主跨增加了横隔板和加劲板,跨中附近设置了两道横隔板,1/4跨径处各设一道横隔板,跨中一定长度范围内设置多道加劲板,具体设置情况见图5。

表1 箱梁主要结构尺寸

位置	梁高/m	腹板厚度/m	底板厚度/m
小T根部	10.0	0.7	1.20
小T跨中	4.5	0.5	0.35
大T根部	14.0	0.9	1.70
大T跨中	4.5	0.5	0.35

注:中间0.7 m过渡。

3.2 下部结构设计

该桥1#墩(高32 m左右)和2#~3#墩(高100 m左右)墩高相差较大,文献指出连续刚构墩高相差很大时,桥墩形式需要经过计算比较并结合高墩截面形式选择采用。经计算比较后确定1#桥墩采用钢筋混凝土双薄壁实心墩,单壁平面尺寸为7.5 m(横桥向)×1.5(顺桥向)m,双壁外到外距离10 m。2#、3#桥墩

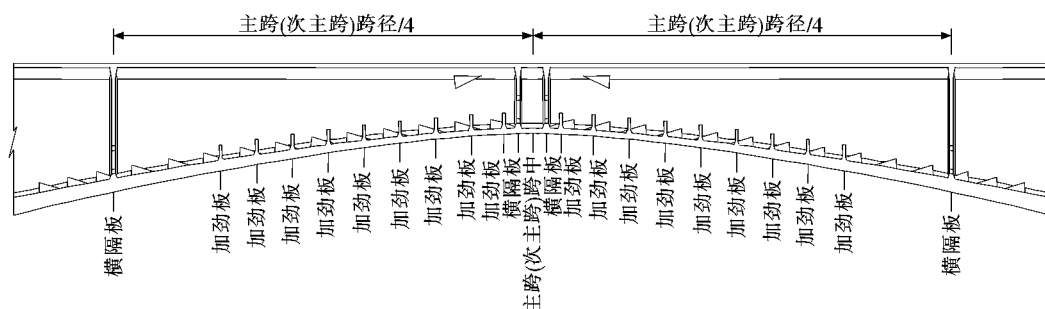


图 5 箱梁横隔板和加劲板布置示意图

采用钢筋混凝土双薄壁空心墩,单壁平面尺寸为7.5(横桥向) $\text{m} \times 4$ (顺桥向) m ,双壁外到外距离14 m。通过不同的截面设计达到了桥墩刚度的协调,E1地震作用下1#墩墩底顺桥向弯矩约为 $4.7 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (单薄壁),2#墩墩底顺桥向弯矩约为 $7.9 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (单薄壁),3#墩墩底顺桥向弯矩约为8.2万 $\text{kN} \cdot \text{m}$ (单薄壁),1#~3#墩承载力均满足要求。4#墩为连续桥墩,墩顶设顺桥向活动支座,采用钢筋混凝土薄壁空心墩,平面尺寸为7.5(横桥向) $\text{m} \times 3.5$ (顺桥向) m ,1#~4#墩均设承台桩基础,桩基础均设计为摩擦桩。

4 大桥预应力设计

4.1 大桥预应力体系

上部结构箱梁采用纵向、竖向双向预应力结构,未设置横向预应力。纵向预应力布置思路为:1~4跨按常规刚构布置方式布置,3个T均布置了顶板束及腹板下弯束,合龙段布置了顶、底板合龙束。2个大T顶板钢束以及腹板下弯钢束采用大小束相结合的方式,具体为:T0钢束为15-25型,T1-T18钢束为15-22型,T19-T24钢束为15-15型(T_x 代表 x 号块顶板钢束);F1-F18钢束为15-25型,F19-F21钢束为15-17型(F_x 代表 x 号块腹板钢下弯束)。为保证次主跨和主跨跨中底板足够的预应力,两个主跨合龙段底板束均采用了较大型号钢束,次主跨为15-25型钢束,主跨为15-27型钢束。第5跨连续跨钢束和第4跨钢束统一考虑,第4跨合龙段顶底板束伸入第5跨连续跨,顶板合龙束伸入连续跨最长约20 m,兼做4#墩墩顶负弯矩钢束,底板合龙束最长伸到连续跨简支端,兼做连续跨正弯矩钢束;另外连续跨还布置有腹板钢束。

竖向预应力根据梁高不同分别采用精轧螺纹钢筋和预应力钢绞线,对于梁高小于6 m的竖向预应力钢

筋采用直径32 mm精轧螺纹钢筋,单端张拉,张拉端位于梁顶,张拉控制应力706.5 MPa;梁高大于6 m的竖向预应力采用 $\phi^s 15-4$ 预应力钢绞线,单端张拉,张拉端位于梁顶,张拉端采用15-4锚具,固定端采用15-4P型锚具,张拉控制应力为1 200 MPa。每个腹板横向布置两束预应力,纵向间距为0.5 m。

4.2 上部结构纵向主要计算结果

按规范规定进行荷载组合验算,主要计算结果如下:

(1) 施工阶段主梁应力

在各个施工阶段主梁截面上、下缘出现的最大压应力分别为15.1、13.7 MPa;上、下缘出现的最大拉应力分别为-0.04、-0.54 MPa;上、下缘施工阶段应力均满足规范要求。

(2) 正常使用阶段主梁应力

正截面抗裂验算,次主跨、主跨跨中下缘最小压应力储备分别为1.84、1.92 MPa,压应力控制标准高于规范不出现拉应力的要求。斜截面抗裂验算,在未考虑竖向预应力的情况下各截面主拉应力均小于规范容许值。正截面压应力验算,2#、3#墩顶靠近主跨侧上缘最大压应力为16.9 MPa,小于规范容许值。斜截面主压应力验算,2#、3#墩顶靠近主跨侧上缘最大主压应力为17 MPa,小于规范容许值。

5 合龙顶推施工措施的应用

连续刚构合龙前顶推能很好地解决高温合龙带来的不利因素,同时顶推对收缩徐变引起的跨中下挠也有一定抵消作用。云川金沙江大桥桥址温度较高,合龙温度高于理想合龙温度 6°C ,大桥设计上也考虑了合龙顶推这一措施,顶推力除了补偿合龙温差外还考虑了一定收缩徐变补偿。由于该桥有两个主跨合龙段,同时又具有不对称性,故顶推力需分两次施加,两

次施加的大小也不同。

5.1 合龙温差补偿

温差补偿顶推量按成桥后降温 6 ℃ 1#~3# 墩墩顶位移来确定,其位移计算结果见表 2,要达到补偿效果就需在合龙顶推力作用下墩 1#~3# 墩墩顶位移和降温位移大小相当,方向相反。合龙顺序为先次主跨后主跨,次主跨合龙前顶推时 1# 墩位移向左岸,2# 墩位移向右岸,3# 墩未受顶推力作用;主跨合龙前顶推时 1#、2# 墩位移向左岸,3# 墩位移向右岸,根据上述位移趋势,需调整两次顶推力的大小使最终 1#~3# 墩位移接近表 2 中位移值。

表 2 降温 6 ℃ 墩顶位移结果 mm

1# 墩顶	2# 墩顶	3# 墩顶
9.80	-1.48	-14.90

5.2 收缩徐变补偿及合计顶推量

收缩徐变补偿顶推量规律和温差补偿量相同,故将温度下降补偿顶推量按相同的规律适当增加就得到了最终顶推量,具体顶推方案为次主跨合龙时施加 500 kN 顶推力,扣除左岸绥江岸桥台支座摩阻力 200 kN(摩阻系数按 0.03 取),1# 墩侧相当于施加 300 kN 顶推力。主跨合龙时施加 1 800 kN 顶推力,扣除左岸绥江岸桥台支座摩阻力 200 kN(摩阻系数按 0.03 取),相当于 1#、2# 墩侧施加了 1 600 kN 顶推力,右岸扣除 4# 墩及屏山岸桥台支座摩阻力 950 kN(摩阻系数按 0.03 取),相当于 3# 墩侧施加了 850 kN 顶推力。顶推力施加示意图见图 6。两次顶推位移及最终位移见表 3。

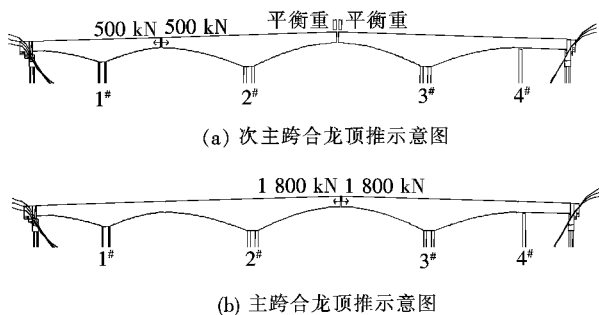


图 6 合龙顶推示意图

从表 3 可以看出:两次顶推后 1#、3# 墩墩顶位移绝对值接近,2# 墩墩顶基本无位移,符合补偿需求。另外计算结果还表明:顶推措施施加后成桥状态(徐变完成)跨中下挠减小,2# 主墩弯矩无明显变化,1#、3# 主墩弯矩均降低。

表 3 顶推施工位移

工况	位移/mm		
	1# 墩顶	2# 墩顶	3# 墩顶
1#、2# 墩之间中跨合龙时 施加 500 kN 顶推力	-6.25	21.40	0
2#、3# 墩之间中跨合龙时 施加 1 800 kN 顶推力	-20.90	-21.00	30.00
最终位移	-27.15	0.40	30.00

6 结语

高墩大跨连续刚构桥对山区大型峡谷地形具有很好的适应性,与其他大跨度桥梁相比具有一定的技术经济优势。云川金沙江大桥结合实际地形在高墩大跨连续梁的基础上增加了连续跨,为刚构—连续梁桥,同样具有上述优势,在设计上采取了一系列针对性措施,主要有:① 路线布设时将路线最高点设于主桥跨中;② 在预拱度设置上除了抵消徐变、活载引起的挠度所需的必要预拱度外,还设置了下挠补偿预拱度;③ 合理的构造及预应力体系设计;④ 合适的合龙顶推力的施加。这些措施取得了较好的效果,云川金沙江大桥 2016 年 2 月建成通车至今已 3 年,未出现开裂及下挠等病害,是刚构—连续梁桥的一个较好案例,对该体系的推广应用具有参考价值。

参考文献:

[1] 鲍卫刚,周泳涛,等.预应力混凝土梁式桥梁设计施工技术指南[M].北京:人民交通出版社,2009.

[2] 冯鹏程.连续刚构桥设计关键问题的探讨[J].桥梁建设,2009(6).

[3] 李文华,戚冬艳,折孝明.高墩大跨连续刚构最大悬臂阶段桥墩选型研究[J].中外公路,2017(S2).

[4] JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S].

[5] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[6] 周光伟,陈得良,刘榕.连续刚构桥合拢温度的合理确定及高温合拢对策[J].长沙理工大学学报,2006(6).

[7] 刘昌国,殷灿彬.连续刚构桥高温合拢顶推力的分析与试验研究[J].公路工程,2009(5).

[8] 许鹏,代攀,陆久飞,等.连续刚构中跨合拢顶推力计算与试验[J].公路交通科技(应用技术版),2018(10).

[9] 姜玉刚,吴永昌.山岭重丘区大跨度桥梁桥型选择[J].中外公路,2017(S2).