

文章编号: 0451-0712(2006)01-0029-04

中图分类号: U448.42

文献标识码: B

悬臂浇注连续弯梁桥的设计与研究

郝 超

(金华市交通规划设计院有限公司 金华市 321005)

摘 要: 现代桥梁设计对平面线形要求较高,不但要考虑行车的安全和舒适,还必须注意与周围环境相协调。根据桥址处的自然条件、地形、通航现状,斗门江大桥跨径布置为 50 m+80 m+50 m 的预应力混凝土连续弯梁桥,悬臂浇注,全桥位于 $R=800$ m 的曲线上。主要介绍了该桥的桥型方案构思、主桥的总体设计及结构构造、结构分析,探讨此类桥梁设计与施工中的关键问题。

关键词: 连续梁; 弯梁桥; 悬臂浇注; 结构分析; 弯扭耦合

1 工程概况

1.1 桥位

斗门江大桥位于 329 国道柯桥~袍江段的袍江工业园区杨望村,横跨斗门江。柯袍线连接中国轻纺城——柯桥与袍江工业区,是绍兴东西向交通动脉,斗门江现为六级航道,是实施中的四级航道杭甬运河的一段,是今后绍兴境内东西向航运主干线,它们的建设对改善当地交通状况,进一步优化投资环境,

发展经济有着十分重要的意义。

图 1 给出了斗门江大桥的桥位平面,由图中可以看出,柯桥侧是美女山,而袍江侧引桥已接入原 329 国道,线路北侧为厂房与居民区,房屋密集,为了保证线路曲线指标能满足规范要求、行车舒适、尽量降低工程造价,线路跨过斗门江后,转往西北方向,从美女山后侧垭口穿过。



图 1 斗门江大桥桥位平面

柯袍线横断面布置为:7.5 m 辅车道+10.5 m 绿化带+12.25 m 主车道+6.5 m 中央分隔带+12.25 m 主车道+10.5 m 绿化带+7.5 m 辅车道。桥梁分 4 幅,中间主车道桥宽 13.75 m,两边辅车道

桥宽 7.5 m。

1.2 气象水文

本地区属亚热带气候区,气候温暖湿润,雨量充沛,四季分明。全年日照时数为 1 700~2 000 h,年平

基金项目:浙江省交通科技项目一大跨径连续弯梁桥施工监控关键技术研究项目

收稿日期:2005-06-10

均气温 16.2°C , 最高 41.1°C , 最低 -10.1°C 。年平均降水量约为 $1\,500\text{ mm}$, 降雨主要集中在 4 月~6 月的梅雨期及 7 月~9 月的台风期。全年无霜期约 235 d, 常年风向以东风、北风居多, 汛情多为偏东南风。区域内水系发达, 河道纵横, 湖塘密布, 历年平均水位 3.78 m , 最高洪水位 5.13 m 。自 1993 年以来最高洪水位 4.86 m 。

1.3 地质、地震

桥位区段属滨海相沉积, 除美女山等孤山外, 地势平坦, 高程在 $4.5\sim 5.5\text{ m}$ 左右, 区内河网密布, 桥梁众多。区域内上覆土层以软弱土层为主, 层厚约 $0.5\sim 3\text{ m}$, 地基土容许承载力为 75 kPa , 其下为流塑状淤泥亚粘土、软塑粘土或流塑淤泥质, 条件不甚理想; 地震基本烈度为 6 度, 根据《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89) 规定, 桥梁抗震标准按 7 度设防, 重要性系数为 1.3。

1.4 设计标准

通航净空: 净高 7 m , 净宽 55 m , 最高通航水位 4.33 m ;

设计荷载: 汽车—超 20 级, 挂车—120, 人群荷载 3.5 kN/m^2 ;

桥面宽度: 主线桥 13.75 m , 辅道桥 7.5 m ;

设计速度: 80 km/h ;

桥面纵坡: 最大纵坡 2.8% ;

桥面横坡: 最大 3% ;

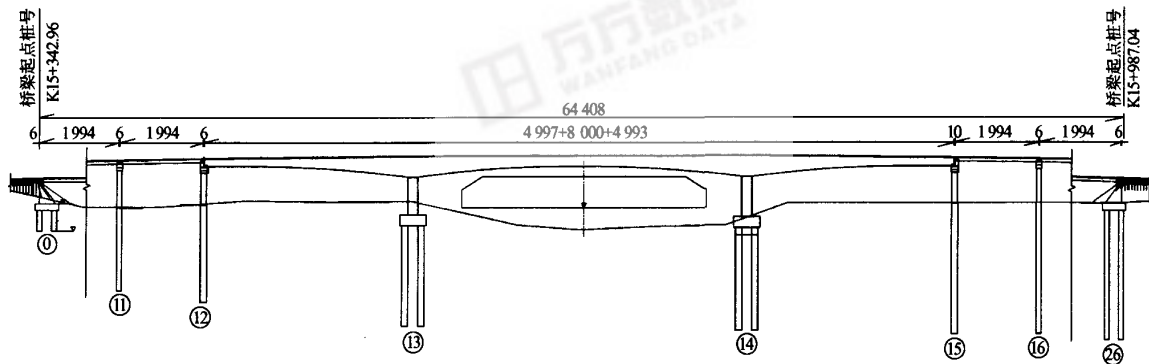
设计洪水频率: $1/300$;

设计地震烈度: 基本烈度 6 度。

2 桥型方案

桥型方案研究的重点是主桥桥型、孔跨大小及布置。主桥跨越斗门江, 桥梁施工时要保证通航, 而且工期较紧, 因此桥型方案选择在实用、安全、美观、经济的前提下, 重点考虑不影响通航、施工简便、快捷。根据桥位处地形、地质和水文等自然条件及上述要求, 按使用功能、孔跨及结构特点、造价、施工条件及工期、养护维修以及建筑造型等 6 个方面进行比选, 主桥可供选择的桥型有系杆拱、斜拉桥、连续梁桥。斜拉桥桥塔高大挺拔、外形美观, 但对 80 m 跨径的桥梁显得过于昂贵; 下承式系杆拱桥犹如长虹卧波, 与环境协调, 但施工困难, 满堂支架法施工会影响通航, 支架搭设较难, 斜拉扣挂或转体施工成本较高。而连续梁具有变形小、刚度好、行车舒适、养护简单等优点, 可采用悬臂法施工, 对通航影响小, 工期容易控制, 但技术上要考虑整座桥位于弯道上的特点, 处理好箱梁扭转、畸变对主桥标高、线形与内力的影响。

经综合比较, 最终确定主桥选用连续弯梁桥方案, 而引桥采用便于工厂化预制的空心板。全桥配跨如下: 左线辅道桥 $10\times 20\text{ m} + (50+80+50)\text{ m} + 11\times 20\text{ m} = 620\text{ m}$, 曲线半径为 840 m ; 主线桥 $12\times 20\text{ m} + (50+80+50)\text{ m} + 11\times 20\text{ m} = 660\text{ m}$, 曲线半径为 800 m ; 右线辅道桥 $12\times 20\text{ m} + (50+80+50)\text{ m} + 11\times 20\text{ m} = 660\text{ m}$, 曲线半径为 775 m 。斗门江大桥总体布置如图 2 所示。



单位: cm

图 2 斗门江大桥总体布置

3 总体设计及构造

3.1 总体设计

杭甬运河通航净宽不小于 55 m , 净高不小于

7 m , 而线路、航道中心线交角约为 60° , 主墩承台 ($10.5\text{ m}\times 6.5\text{ m}$) 不能侵入到航道中, 主跨不应小于 70 m , 考虑到航道也处于曲线上, 两边留有一定

富余量,最终选择主跨为80 m,边跨为50 m,边中跨之比为0.625。为便于工厂化制作、加快施工进度、节约造价,引桥采用20 m跨径装配式预应力混凝土空心板,4孔或5孔一联。

桥位区地质变化较大,美女山侧基岩埋深较浅,0号台~13号主墩弱风化凝灰岩埋深从-3.78 m变化至-17.88 m,2号墩以后下卧土层已有淤泥质亚粘土,袍江侧弱风化基岩埋深较深,23号墩弱风化粉砂岩埋深-45.6 m。为了施工简便,下部结构全部采用钻孔灌注桩。

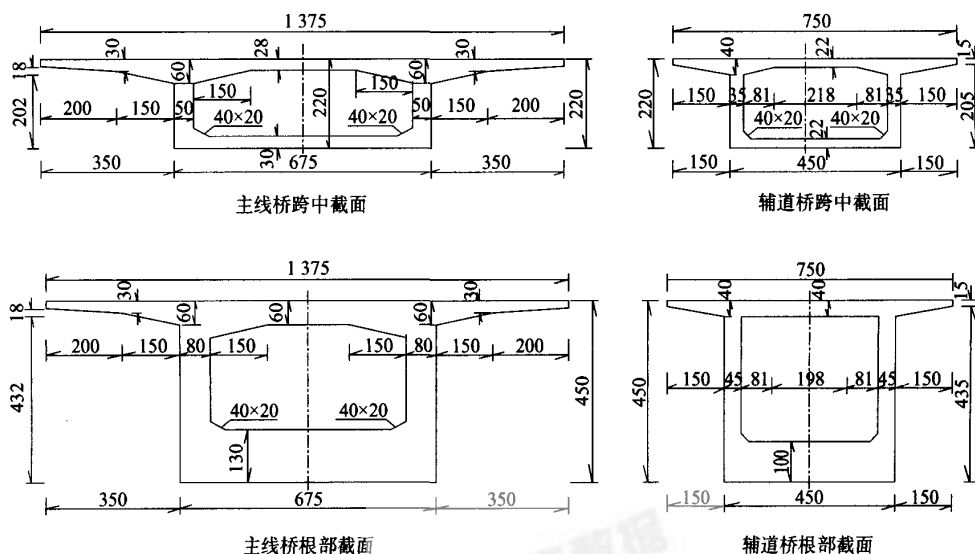
3.2 结构构造

3.2.1 上部构造

主桥上为(50+80+50)m三跨预应力混凝土

土变截面单箱单室连续箱梁,跨中梁高2.2 m,高跨比为1/36.4,根部梁高4.5 m,高跨比为1/17.8,梁高按二次抛物线变化。全桥在墩顶0号块处设置厚度为3 m的横隔板,边跨端部设厚度为1.4 m的横隔板。箱梁在横桥向底板保持水平,顶板设3%的单向横坡,桥面横坡由腹板调整。桥面铺装采用9 cm 沥青混凝土+6 cm 钢纤维混凝土。

主线桥箱梁顶板厚0.28 m,宽13.75 m;底板厚度由跨中0.3 m按二次抛物线变化至距0号块中心线3.5 m处的Q.748 m,底板宽6.75 m;翼板宽3.5 m;腹板厚度5号块件以前为0.8 m,5号块件以后为0.5 m,在5号块件范围内由0.8 m按直线变化到0.5 m。主线桥与辅道桥箱梁构造见图3所示。



单位:cm

图3 斗门江大桥主桥箱梁构造

主桥连续箱梁采用挂篮悬臂浇注法施工,各单T箱梁除0号、1号块在支架上现浇外,其余分为8对梁段,采用对称平衡悬臂逐段浇注法施工。箱梁纵向悬浇分段长度为(4×3.5 m+4×4 m),箱梁墩顶现浇块件总长为12 m,中跨和边跨合拢段长均为2 m,边跨现浇段长9 m。

3.2.2 预应力体系

主线桥纵向预应力束采用22 ϕ 15.24、15 ϕ 15.24两种规格钢绞线,辅道桥采用15 ϕ 15.24钢绞线束,OVM锚固体系;主线桥箱梁顶板横向预应力束采用3 ϕ 15.24钢绞线,BM15-3扁锚,交替单端张拉锚固。钢束张拉锚下控制应力为 $\sigma_k=0.75R_p^0$ 。预应力

管道均采用镀锌钢波纹管成形。

3.2.3 下部构造

主线主桥下部结构采用钢筋混凝土矩形实体桥墩,桥墩厚为2.5 m宽为6.75 m,采用C30混凝土,并在表面设置间距为10 cm×10 cm的D5冷轧带肋钢筋焊网一层。主墩承台厚为2.5 m,平面尺寸为10.5 m×6.5 m,基础为6根桩径为1.5 m的钻孔灌注桩,按嵌岩桩设计。辅道桥主墩也采用矩形实体墩,桥墩宽为4.5 m,厚2.5 m,承台尺寸为8.2 m×5.2 m×2.0 m,基础为6根桩径为1.2 m的钻孔灌注桩,按嵌岩桩设计。

主线桥主、引桥过渡墩为钢筋混凝土双柱式桥

墩,柱径为1.4 m,基础采用3根1.5 m 桩径的钻孔灌注桩。辅道桥过渡墩为钢筋混凝土双柱式桥墩,柱径为1.3 m,基础采用2根1.5 m 桩径的钻孔灌注桩。

3.2.4 引桥

引桥上部采用20 m 跨径装配式预应力混凝土空心板梁,梁高0.8 m,桥面连续。下部采用双柱式桥墩,柱距7.28 m,柱径1.1 m,基础采用直径为1.2 m 的钻孔灌注桩。桥台采用肋板式桥台,钻孔灌注桩基础,按嵌岩桩设计。

4 结构计算

4.1 平面计算

考虑到右线辅道桥曲线半径最小,而设计荷载是按两车道布置,另外箱梁抗弯抗扭刚度相对较小,因此结合右线辅道桥进行计算。根据文献[1],本桥曲线半径 $R=775$ m,在结构纵向整体分析时,可以足够精确地按直线桥进行分析。基于平截面变形、截面周边形状保持不变(截面不发生畸变)的假定,采用结构分析程序QJX 对斗门江大桥进行了计算。

由运营阶段应力包络图可以看出,使用阶段,箱梁在汽车荷载作用下为全梁受压,上缘最大压应力11.6 MPa,最小压应力为2.4 MPa,下缘最大压应力12.2 MPa,最小压应力为1.7 MPa,应力分布比较均匀;其他荷载组合下没有出现拉应力。最大主压应力为11.2 MPa,最大主拉应力为-0.78 MPa。截面正应力与主应力均满足规范要求。

4.2 空间计算

在恒载与活载作用下会使弯梁桥产生弯矩与扭矩,而且挠曲变形与扭转变形是耦合的,为了分析箱梁扭转对结构受力的影响,尤其是对腹板剪应力的

影响,运用大型结构分析软件MIDAS CIVIL 建立了该桥的空间结构有限元模型,按照实际的施工过程进行加载分析。

计算结果表明:恒载阶段腹板中剪应力主要由剪力产生。由剪力产生的剪应力最大值在主墩顶附近(1.5~2 MPa),由扭矩产生的剪应力最大值也在主墩顶附近(0.08 MPa 左右),后者约为前者的5.3%。汽车荷载作用下,1 个车队偏载产生的扭矩最大,在主墩顶部位约为138 kN·m。中跨合拢前,跨中截面箱梁扭转角度变形为:-0.042°,由其所产生的梁上下游相对竖向变形为5.6 mm,这种竖向变形随施工阶段的推进,具有累积性,因此在梁段立模标高设置时,要考虑扭转变形的影响。

5 结语

随着高等级公路的修建,公路对线形的要求越来越高,连续弯梁桥也得到了更多的采用。由于弯梁桥在荷载作用下存在弯扭剪耦合问题,对其进行结构分析、设计、施工监控时,对此要有充分的认识,在构造上、配筋上、施工预拱度设置上应采取一定的措施,确保结构受力安全,并使成桥线形尽量达到设计的理想状态。

参考文献:

- [1] 邵容光,夏淦. 混凝土弯梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1996.
- [2] 黄剑源,谢旭. 城市高架桥的结构理论与计算方法[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [3] 张继尧,王昌将. 悬臂浇注预应力混凝土连续梁[M]. 北京:人民交通出版社,2004.

沪杭高速公路浙江段全线通车

沪杭高速公路浙江段双向八车道全线提前通车,这标志着连接杭州、上海,作为长三角地区“主动脉”的拓宽工程完全竣工。

沪杭高速公路浙江段全长96 km,投资了25.1 亿元进行高速公路拓宽后,除余杭至杭州绕城公路出口的16 km 为双向六车道外,其余80 km 的沪杭高速公路全部为双向八车道。此外,去年已经通车的杭州至上虞(古渚)段70 余 km 高速公路也为双向八车道,上虞至宁波段的70 余 km 高速公路正在拓宽建设中。不久的将来,从宁波到上海将会全线开通八车道的高速公路。这将使人们出行更方便,办事效率更高,进一步促进钱塘江两岸的经济大发展。