

荆州楚都大道跨海子湖特大桥设计

黄权锋

[林同棧国际工程咨询(中国)有限公司武汉分公司, 湖北 武汉 430000]

摘 要: 楚都大道是荆州市城市向北发展的主干道,也是进入荆州市园博园的主通道,桥型方案采用多跨变截面连续梁桥,整体一联布置,桥梁跨径布置为 65 m+123 m+156 m+123 m+10×90 m+55 m,全长 1434 m(含桥台)。此类跨度和长度的桥梁没有成熟的工程实例,大桥连续梁长度为国内和国际同类型桥梁的总长度第一。

关键词: 景观桥;超长联连续梁;混凝土结构;悬浇施工

中图分类号: U448.21

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)04-0069-03

1 工程概况

楚都大道跨海子湖桥梁工程位于楚纪南城、海子湖生态文化旅游区,该项目为沟通海子湖南北两岸的主要功能性桥梁,是规划楚都大道的重要控制性节点工程,跨越江汉渠和海子湖,毗邻纪南城遗址、郢城遗址和海子湖生态文化旅游区。

本项目设计范围为楚都大道南起凤凰大道平交口,设计起点桩号为 K3+040.910,从北至南依次跨越规划通道、海子湖、江汉运河及其堤顶道路、滨河大道,终点桩号为 K5+130.000,全长 2 089.09 m。桥型方案采用多跨变截面连续梁桥,整体一联布置,桥梁跨径布置为 65 m+123 m+156 m+123 m+10×90 m+55 m,全长 1 434 m(含桥台)。道路定位为城市主干路,布置形式为双向六车道+非机动车道+人行道。

主桥标准横断面见图 1,主桥总体布置见图 2。

2 主要技术标准

楚都大道跨海子湖特大桥采用如下技术标准进行设计:

(1)道路等级:城市主干路,双向六车道;

(2)设计时速:50 km/h;

(3)荷载等级:城-A级,人群荷载 2.5 kN/m²;

(4)桥梁横断面布置:2.75 m(人行道)+3 m(非机动车道)+22.5 m(机动车道)+3 m(非机动车道)+2.75 m(人行道)=34.0 m;

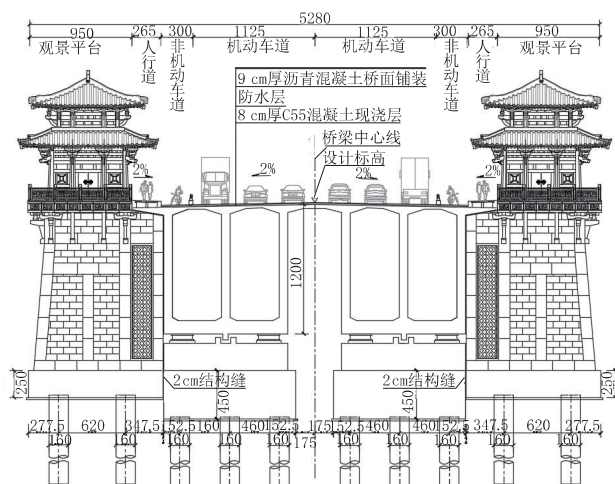


图1 主桥标准横断面示意图(单位:cm)

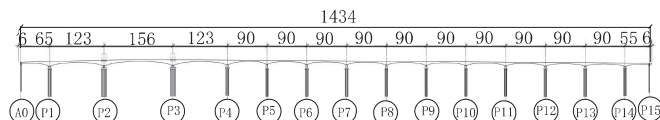


图2 主桥总体布置图(单位:m)

(5)设计安全等级:一级;

(6)设计基准期:100 a;

(7)桥梁抗震设防标准:桥位区地震基本烈度为6度,地震动峰值加速度为 0.065g,地震动反应谱特征周期为 0.45 s。桥梁抗震设防类别为乙类,桥梁抗震设防措施等级按 7 度设防;

(8)设计水位

a. 常水位: 28.70 m;

b. 100 a 一遇洪水位: 32.20 m。

引江济汉渠航道标准:

c. 通航标准: 三级航道(1 000 t 级);

d. 通航净宽: 60 m;

e. 通航净高: 不小于 8.5 m;

f. 设计最高通航水位: 32.92 m。

收稿日期: 2020-11-02

作者简介: 黄权锋(1983—), 男, 学士, 工程师, 从事桥梁工程设计工作。

3 结构设计

3.1 桥型方案研究

3.1.1 桥梁设计控制因素分析

(1)通航条件

本项目桥位跨越引江济汉渠,根据引江济汉渠相关管理部门《关于海子湖大桥跨越引江济汉运河的相关要求》,该人工河渠为三级航道(1 000 t级),按初步设计要求为最高水位不低于9 m净空,且明确渠道内不得设置桥墩。根据《内河通航标准》(GB 50139—2014),该河渠通航孔净宽60 m,净高9 m。

引江济汉渠水面宽约90 m,河道内不设置桥墩,即主跨需大于90 m。

(2)河堤控制条件

引江济汉渠为南水北调工程,根据前述《关于海子湖大桥跨越引江济汉运河的相关要求》,河堤内外坡均埋设有光缆和变形观测的埋件,明确桥墩不能在河堤内设置,必须设置在两侧排水沟外,因此桥梁跨越引江济汉渠主跨跨度不宜小于156 m。

(3)水中基础施工

海子湖段仅需通行少量小型游船,因此桥梁跨度在50~90 m范围内均可行。考虑到水中基础施工难度大、工期长,造价贵,同时考虑水上施工条件差,本次设计推荐方案采用90 m大跨连续梁跨越海子湖水域,尽可能减少水上工作量,提高工作效率,加快施工进度,确保施工安全。

(4)桥梁景观风格

桥梁位于荆州纪南生态文化旅游示范区内,大桥北岸即为规划楚王宫地块和园博园地块,区域景观要求高,且为荆楚文化风格,因此大桥宜采用仿古风格,体现荆州当地历史、人文文化,与楚王宫、园博园风格协调、统一。

(5)环境保护

桥梁位于旅游示范区内,海子湖水域良好,湿地景观优美,大桥处结构本身应注重景观外,在施工过程中应尤其注重生态环境的保护,场地内不宜大填大挖,海子湖水域范围内不宜采用土围堰支架施工大桥结构,宜采用对桥位环境影响较小的节段悬浇、预制拼装、移动模架等施工方式。

通过对以上桥梁设计控制因素分析,经过荆州海子湖投资有限公司、荆州市规委会和市政府审议通过,如图3、图4所示效果图作为推荐实施方案。

实施方案上部结构采用十五跨预应力混凝土变



图3 海子湖特大桥效果图一



图4 海子湖特大桥效果图二

截面连续梁桥,桥跨布置为:65 m+123 m+156 m+123 m+10×90 m+55 m=1 422 m,桥梁全长1 434 m(含桥台)。

桥面横向布置采用:2.75 m(人行道)+3 m(非机动车道)+2×11.25 m(车行道)+3 m(非机动车道)+2.75 m(人行道)=34 m。

3.1.2 结构体系比选

桥梁为超长联连续梁结构,结构多次超静定,受力较复杂,我们为此设计了三种结构体系进行比选,见表1。

3.2 约束体系

全桥整体一联。桥位区地震基本烈度为6度,且本桥主跨156 m属于特大桥梁,按照《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)的要求,本桥抗震设防类别为乙类,按7度区设计。

本桥采用摩擦摆锤式减隔震系列支座,平面布置为:全桥各个墩台顶均采用双支座,在P7墩顶设置一个固定减隔震支座和一个横向滑动减隔震支座,其它墩台顶均采用纵向、双向减隔震滑动支座。

摩擦摆减隔震系列支座,与普通球型支座功能一样,当地震来临时,桥梁所承受的水平力大于剪力螺栓剪断力时,剪力螺栓剪断,限位装置打开,支座通过圆弧面之间的相对滑动,将梁体与墩台隔离开,使大部分地震能量无法从墩台传递到梁体。

3.3 上部结构

上部结构采用预应力混凝土变截面连续箱梁。主梁总宽33.8 m,采用分两幅布置,单幅桥宽16.9 m,

表 1 结构体系比选表

比选内容	设筒支挂孔	跨中设铰	整体一联
景观效果	挂孔处有明显断缝,且易形成梁体表面水渍,徐变作用下跨中线型难保证,景观效果差	梁底线条不连续,且易形成梁体表面水渍,景观效果不佳	全桥连续,梁体线条完整,景观效果好
行车舒适度	伸缩缝较多,行车舒适性不佳	伸缩缝较多,行车舒适性不佳	好
施工难度	挂孔需吊装或支架现浇,施工难度相对较大	跨中刚性铰安装难度大	全桥采用挂篮悬浇,施工工艺成熟,技术难度低
后期维护	牛腿断缝处检修死角多,挂孔伸缩缝、支座维修工作量大	跨中铰的后期维修、更换难度大	维护工作简单、常规
后期徐变控制	跨中易下挠	较易控制	在本项目跨度范围内易控制
抗震性能	抗震性能不好,筒支挂孔在地震作用下存在落梁的风险	地震作用对刚性铰横向和竖向构造要求较高	全桥可以设置数个桥墩抗震支座控制地震纵向力,可设置纵向阻尼器控制地震纵向位移,目前有成熟的应用
综合比选结论	比选	比选	推荐

为单箱双室直腹板截面形式,两幅之间顶板设置 2 m 宽纵向湿接缝(设置纵向铰缝)。箱梁通过结构找纵、横坡。顶板横坡 2%,底板水平。

箱梁 156 m 主跨跨中截面中心线处梁高为 3.5 m,墩顶梁高 12 m,梁底面均采用 2.7 次抛物线渐变。123 m 跨跨中截面梁高 3.5 m,墩顶梁高分别为 10 m、12 m,梁底面分别采用 2.7 次、2.6 次抛物线渐变。90 m 跨跨中截面梁高 2.5 m,墩顶梁高分别为 8 m、7 m,梁底面分别采用 3.0 次、2.6 次抛物线渐变。

3.4 下部结构

桥墩采用 C40 钢筋混凝土。全桥桥墩均采用矩形截面板式桥墩,墩高为 2.5~8.84 m。P1~P14 两幅采用分离式桥墩,单幅桥墩横向宽 11.5 m。由于本项目工期紧,对承台纵向尺寸进行适当加宽,从而保证悬浇梁 0 号段施工时有稳定的支撑,同时,又能搭设用于平衡悬臂施工不对称荷载的临时支墩,保证结构安全。

所有桥墩均采用承台接群桩基础。

4 施工方案

由于挂篮悬臂浇筑施工对引江济汉渠航道的影响小,对海子湖水域环境影响小,在施工工期及费用上均有一定的优势,因此,推荐采用挂篮悬臂施工。

桩基础根据桩径、桩长及地质水文条件等情况,采用钻孔灌注桩。承台、墩身均采用现浇的方式。边跨路堤段主梁采用支架现浇施工,跨水域段主梁采用挂篮悬臂浇筑施工。主要工序如下:

工序 1:施工进场,清理现场,进行施工准备;海

子湖水域范围内搭设临时土路堤;实施 A0、A15 台后填方段,压实度不小于 96%。

工序 2:施工 P1~P14 桥墩桩基础、承台及墩身;施工 A0、A15 桥台桩基础及承台;施工仿古建筑基座桩基础及承台。

工序 3:在承台上搭设支架,施工 P1~P5、P12~P14 墩主梁 0# 块。0# 块完成后,搭设临时支墩,对墩梁临时固结处理;安装 P1~P5、P12~P14 墩挂篮,逐段对称悬浇主梁(考虑不平衡配重),并适时张拉预应力;施工 A0、A15 桥台台身,并回填台后路基段;安装 A0、A15 临时支架,并进行预压;支架上施工 A0、A15 边跨现浇段。

工序 4:继续支架上施工 A0、A15 边跨现浇段;安装 P6~P11 墩挂篮,逐段对称悬浇主梁(考虑不平衡配重),并适时张拉预应力。

工序 5:按如下顺序进行合龙:①吊架上合龙 P4~P5、P6~P7、P8~P9、P10~P11、P12~P13 段;②边跨合龙 A0~P1、P14~A15;③吊架上合龙 P5~P6、P9~P10、P13~P14 段;④吊架上合龙 P1~P2、P3~P4、P11~P12 段;⑤吊架上合龙 P7~P8;⑥吊架上合龙 P2~P3。完成全桥合龙,见图 5。然后对全桥竖向预应力钢筋进行二次补充张拉,施工两幅箱梁桥面板后浇带。

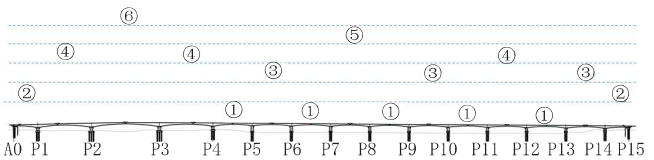


图 5 合龙步骤示意图

表 2 舒适度指标一览表			
类别	舒适度	竖向加速度限值 /(m·s ⁻²)	侧向加速度限值 /(m·s ⁻²)
CL1	最好	0.50	<0.10
CL2	中等	0.5-1.0	0.1-0.3
CL3	差	1.0-2.5	0.3-0.8
CL4	不可接受	>2.5	>0.8

横向最大为 0.28 m/s²,属于舒适度中等的等级,可不进行特殊的减振处理。

5 结 论

通过对比各国相关规范对于人行桥人致振动舒适度的规定,发现德国人行桥设计 EN03 规范较为全面,值得我国借鉴。参考德国 EN03 人行桥设计规范中的舒适度评价方法,采用 Midas/Civil 实现了对某城市云道工程人行桥人致振动响应的舒适度评价。当人行天桥一阶自振频率小于自振频率限值 3 Hz

时,需要对人群荷载激励下的加速度响应进行计算,从而判断其人群舒适度等级,对于舒适度等级为“差”的情况,需要采用减振措施以满足振动舒适性要求。

参考文献:

[1] 金显贺,王昌长,王忠东,等.让“云道”成为人与自然互动的纽带[N].中国青年报,2020-05-15(1).

[2] 王超.某大跨人行桥舒适度评估及振动控制[J].工程设计, 2018(7): 76-80.

[3] 施颖,张振宇,姚君,等.某异形拱人行桥通行舒适度及其控制研究[J].浙江工业大学学报,2017(10):495-500.

[4] CJJ 69-95,城市人行天桥与人行地道技术规范[S].

[5] British Standards Institution (BSI).British standard specification for loads: BSI5400 [S].London: Steel Concrete and Composite Bridges, 1978.

[6] Svensk Byggtjänst. Allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar: BR02004 [S]. Sverige: Stockholm, 2004.

[7] Human Induced Vibration of Steel Structures. Vibration design of foot bridge: EN03 [S]. Germany: Background Document, 2008.

(上接第 71 页)

5 结 语

海子湖特大桥是国内首例双幅 15 跨连续梁景观桥,为全国同类型桥梁榜首。桥梁整体结构简洁、线条流畅,景观效果好,见图 6;且桥址位于楚王宫旅游景区附近,与景区环境协调性好,整体美感突出,展现了荆州城市的独特魅力。可为类似涉航道、涉湖桥梁规划和建设提供借鉴。该桥于 2019 年 9 月建成通车。



图 6 海子湖特大桥建成实景图