

文章编号:0451-0712(2006)07-0341-04

中图分类号:U442.5

文献标识码:B

渝湛高速公路九洲江大桥设计

黄 平¹, 伍宏涛²

(1. 广东省公路勘察规划设计院 广州市 510507; 2. 湖南省核工业地质局 衡阳市 421008)

摘 要: 以九洲江大桥的设计为例, 简要介绍目前高速公路建设中广泛采用的先简支后连续桥梁的结构特点、设计计算方法。在溶岩地区为减少桩基穿越溶洞的机会, 桥梁下部结构及基础均采用全幅双柱式桥墩配预应力盖梁的形式。

关键词: 九洲江大桥; 简支; 连续; 设计计算

九洲江大桥是渝湛高速公路控制性工程, 桥长 929 m, 桥跨组合为: $10 \times 20 \text{ m} + 2 \times 16 \text{ m}$ (连续空心板) + $20 \times 30 \text{ m}$ (连续 T 梁) + $2 \times 16 \text{ m} + 3 \times 20 \text{ m}$ (连续空心板)。施工过程中应地方政府的强烈要求, 湛江岸的连续空心板桥跨组合变更为 $2 \times 16 \text{ m} + 20 \text{ m}$, 主跨 30 m T 梁跨越九洲江, 桥墩采用斜布, 顺弯设置, 与水流方向成 30° 交角, 采用 $2 \times 16 \text{ m}$ 空心板将左右线桥墩调整至横向正交并列, 20 m 跨空心板桥墩按辐射方式布设。

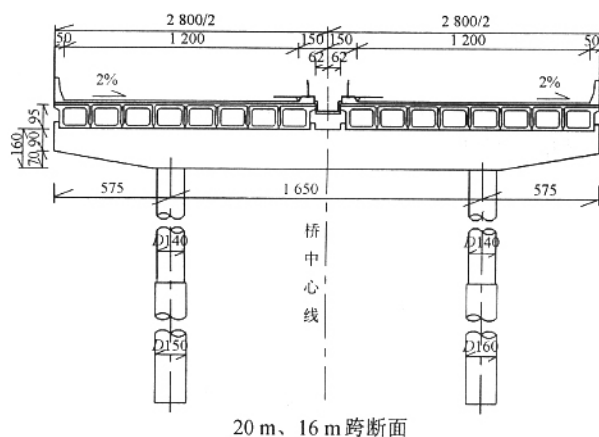
根据交通部对本项目初步设计的批复意见, “设计宜采用中等跨径的梁、板式结构, 特大桥、大桥宜采用结构连续体系, 以提高结构使用质量和寿命”。本桥上部结构为跨径 20 m、16 m 先张法预应力混凝土连续空心板, 及跨径 30 m 后张法预应力混凝土连续 T 梁。连续空心板、连续 T 梁均按预应力 A 类构件

设计。由于桥位处在溶岩发育区, 桥位区岩面起伏较大, 基底灰岩溶蚀严重, 土洞及溶洞发育, 物探显示异常带明显。详勘时发现存在溶洞、土洞的桩位占整个桩数的比例超过 35%, 在勘探深度范围, 最小溶蚀现象的溶洞高度 0.30 m, 最大达 26.90 m。基于此情况, 本桥下部结构采用全幅双柱式桥墩, 配预应力混凝土盖梁, 以降低桩基穿越溶洞的概率。

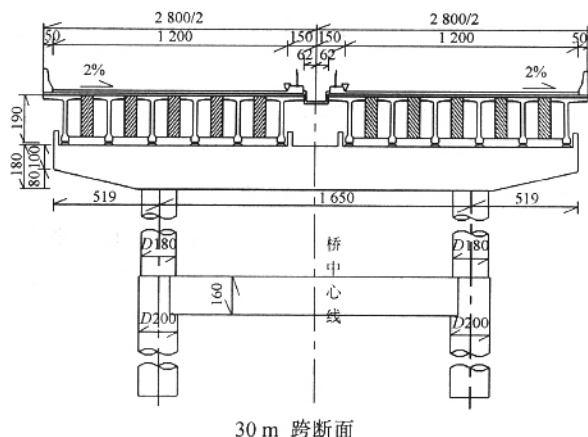
1 设计基础资料

1.1 主要计算指标

桥面为左右幅分离式两座桥, 桥梁全宽 28.0 m, 两幅桥间相距 1.24 m, 单幅桥宽 13.38 m; 桥梁上部结构横断面如图 1 所示。设计荷载为汽车—超 20 级, 挂车—120; 地震基本烈度为 6 度; 通航等级 VII—(2) 级; 设计洪水频率 300 年一遇。



20 m、16 m 跨断面



30 m 跨断面

单位: cm

图 1 上部结构横断面

1.2 主要材料

(1) 混凝土。

跨径为 20 m、16 m 空心板以及跨径为 30 m T 梁均采用 C50 混凝土;桥面现浇连续段及现浇整体化层采用 C40 混凝土;桥面铺装采用沥青混凝土;盖梁采用 C40 混凝土;墩柱采用 C30 混凝土;系梁及桩基采用 C25 混凝土。

(2) 预应力钢绞线。

钢绞线技术指标符合国家标准(GB/T 5224—1995)要求,公称直径为 15.24 mm,标准强度 $R_y^b = 1\,860\text{ MPa}$,弹性模量 $E_y = 2.0 \times 10^5\text{ MPa}$,松弛率不大于 2.5%(初荷 70%)。

(3) 普通钢材。

采用 I、II 级钢筋,设计强度分别为 240 MPa 和 340 MPa,技术要求符合国家标准(BG13013—91、GB1499—98)的规定,并满足可焊性要求。

钢板采用 A3 钢板。

2 构造处理

2.1 横断面布置

本桥上部构造中央分隔带吊挂花槽,花槽底部放置通信管道,上部培土种花。引桥跨径为 20 m、16 m 的空心板,属于本桥的陆上部分,单幅桥设 8 片空心板,板间距为 160 cm;主桥为 30 m T 梁,跨越九洲江,属于本桥的水上部分。单幅桥设 6 片 T 梁,梁间距为 222 cm。空心板、T 梁墩顶现浇湿接缝采用钢筋混凝土连接,体系转换后为双支座连续梁,体系转换方便,节约工期。

本桥下部构造及基础采用全幅桥双桩双柱配预应力混凝土盖梁,引桥桥墩桩径为 160 cm 配直径为 140 cm 的柱,不设系梁。主桥桥墩桩径为 200 cm 配直径为 180 cm 的柱,设 140 cm×160 cm(高)系梁。

2.2 梁板预制高度及整体化层厚度

20 m、16 m 空心板预制高度为 95 cm,上设 10 cm 整体化层;T 梁预制高度为 190 cm,桥面板预制厚度由 10 cm 变化到 20 cm,考虑到需要整体化层混凝土起到调平及部分参与结构受力、参与护栏及活载的受力分配,在预制 T 梁上亦设 10 cm 整体化层混凝土,满足 AASHTO 第 9.7.1.1 条桥面板最小厚度不应小于 17.5 cm 的规定,也满足新桥规 JTG D62—2004 第 9.3.3 条 T 梁悬臂端厚度不应小于 14.0 cm 的规定。

2.3 单支座与双支座的选择

20 m、16 m 空心板,通常的做法是在支点连续处采用双支座,无需拆除临时支座,体系转换方便。

30 m T 梁,多采用在支点连续处采用单支座,受力明确,可以避免在出现活载纵向偏载作用下一个支座脱空,引起内力重分布,并使另一个支座受力增大的现象。若采用双支座,由于双支座对支点负弯矩的削峰作用,一般 T 梁顶板无需设置负弯矩钢束,预制 T 梁无需设置齿板或预留槽口,仅需在连接支点处预埋较少的受力钢筋即可,施工工艺简单。但必须采取措施保证板式橡胶支座能够处于弹性支承状态,结构安全可以得到保证,支座在活载作用下不会脱空。为了节约工期,本桥 30 m T 梁采用了双支座连续体系。

2.4 墩顶负弯矩区的结构选取

20 m、16 m 空心板,由于跨径较小,墩顶负弯矩区采用钢筋混凝土结构。

30 m T 梁,墩顶负弯矩区段采用钢筋混凝土结构还是预应力混凝土结构,从理论上讲,预应力结构技术先进,负弯矩区的桥面不易开裂,防水性好,耐久性好。缺点是,施工复杂,需在现浇桥面(整体化层)或预制 T 梁顶预留锚固槽口,若负弯矩钢束设置在现浇桥面内,则预应力传递对现浇桥面与预制梁之间的组合作用要求较高。另外因抗剪要求,尤其是斜桥的支点剪力比正桥大,支点附近预制梁内的钢束弯起得较高,负弯矩区的钢束使得该位置的下缘拉应力较大,给设计时该处的调束增加了难度。

如果墩顶负弯矩区段采用钢筋混凝土结构,钢筋焊接可在吊装就位后立即进行,具有速度快、工艺简单方便、预制 T 梁无需设置齿板或预留槽口、造价低等优点。

由于九洲江大桥地处溶岩发育区,600 m 主桥均在水中,基础施工存在许多影响工期的潜在因素。综合考虑后,决定本桥 30 m T 梁墩顶负弯矩区段也采用钢筋混凝土结构。

3 结构计算

3.1 简支转连续桥梁特点

简支转连续桥梁,通常是先架设预制主梁,形成简支状态,然后将主梁在墩顶连成整体,形成连续梁体系。其主要特点是:结构受力性能好,材料省;施工方法简单,可实现桥梁施工的标准化和装配化,质量容易控制,工期短;伸缩缝相对较少,行车舒适。

3.2 施工工序

由于先简支后连续桥梁在施工过程中存在体系

转换,因此必须按照具体的施工过程来分析结构的受力情况。

(1)先简支后连续的空心板:施工完空心板铰缝及跨间整体化层后,再施工墩顶现浇连续段及墩顶

附近的整体化层。墩顶现浇连续段施工可从一联的一端按顺序向另一端进行。

(2)先简支后连续的 T 梁:30 m 连续 T 梁以一联为例的施工工序,见图 2 所示。

施工阶段内容	结构形成示意
阶段 1: (1)预制主梁,架设主梁。 (2)连接横隔板及纵向湿接缝,保证 T 梁横向稳定。	
阶段 2: (1)铺设整体化层钢筋网及墩顶负弯矩钢筋。 (2)浇注图示区域的整体化层混凝土。	
阶段 3: 浇注墩顶连续段及余下部分的整体化层混凝土。	
阶段 4: (1)浇注防撞栏及波形护栏座。 (2)铺设沥青混凝土、安装中央分隔带花槽和铺设通讯管道。	

图 2 30 m 连续 T 梁施工工序

3.3 计算思路

本桥为装配式连续梁桥,其跨中荷载横向分布的简化实用计算方法是,按等刚度原则将连续梁的某一跨换算为等跨径的等截面简支梁来计算。先计算出桥梁跨中截面每一片主梁的抗弯惯矩,再乘以连续梁各跨的抗弯惯矩转换系数,得到连续梁各跨的等效简支梁跨中抗弯惯矩。据文献[2],4 跨一联弯矩抗弯转换系数为 $x_1 = x_4 = 1.432, x_2 = x_3 = 1.86$; 5 跨一联弯矩抗弯转换系数为 $x_1 = x_5 = 1.431, x_2 = x_4 = 1.86, x_3 = 1.899$; 抗扭转换系数可均取 1.0。连续梁跨中处荷载横向分布系数,20 m、16 m 跨空心板采用铰接板法计算;30 m T 梁采用刚接梁法计算。连续梁支点处荷载横向分布,采用杠杆法计算。

恒载内力计算时,护栏重量按横向分布系数分配到边梁和中梁,其余的二期恒载则按作用在各片梁上的面积大小分配到各片梁上。活载内力计算,在主梁活载横向分布系数确定之后,将活载乘以相应的横向分布系数,在主梁内力影响线上最不利位置

布载,即可求得主梁最大活载内力。具体方法是取横向分布系数最大的边、中梁,利用“公路桥梁结构设计系统 GQJS8.6”分别作纵向计算。

桥梁在使用阶段,除全部恒载及活载产生的内力外,还有温度、支座沉降及混凝土收缩徐变产生的次内力。计算中温度荷载取升、降温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由于是嵌岩桩基础,不均匀沉降取 5 mm 。

先简支后连续桥梁,跨中正弯矩区段按部分预应力混凝土 A 类构件设计,各施工阶段和使用阶段的应力应满足规范要求,并应满足承载能力极限状态下的强度要求。墩顶负弯矩区段按钢筋混凝土构件设计,应满足正常使用极限状态下的裂缝宽度要求和承载能力极限状态下的强度要求。

桥墩盖梁亦按部分预应力混凝土 A 类构件设计,考虑的荷载主要有自重、桥梁上部恒载以及活载。活载向外偏载时控制盖梁顶负弯矩配筋,活载向内偏载时控制盖梁跨中正弯矩配筋。

3.4 综合计算配筋结果

30 m T 梁每片 T 梁设置 2 束钢绞线,具体配束

情况见表 1;20 m 空心板配束情况见表 2。由于内边梁除了承担大部分护栏重量外,还需承担中央分隔带花槽传递来的荷载,所以内边梁钢绞线比相应中梁大 13%~16%,同时为了避免出错,内、外边梁采用了相同的配束。

表 1 30 mT 梁配束

主梁位置	边跨边梁	边跨中梁	中跨边梁	中跨中梁
每束绞线股数	13+14	10+14	10+14	7+14

表 2 20 m 空心板跨中断面配束

板位置	边跨边板	边跨中板	中跨边板	中跨中板
单根绞线根数	16	14	14	12

20 m 空心板墩顶连续段采用 C40 钢筋混凝土,设置直径为 25 mm 间距为 10 cm 的负弯矩钢筋;30 mT 梁墩顶连续段采用 C40 乳胶钢纤维混凝土,设置直径为 25 mm 间距为 7.5 cm 的负弯矩钢筋。

20 m 空心板桥墩盖梁设 6 根 13 ϕ 15.24 mm 钢绞线;30 mT 梁桥墩盖梁设 8 根 15 ϕ 15.24 mm 钢绞线。

4 结语

简支转连续体系,由于预制梁在支点不产生负

弯矩,所以该桥型支点负弯矩比一次成桥的连续梁要小,相应地支点负弯矩的配筋也要少,特别是双支座连续梁体系。

由于仅有后期恒载在连续体系形成后加载,也即仅有后期恒载在支点产生的负弯矩对跨中正弯矩有削减作用,且后期恒载占全部荷载的比重较小,所以该桥型的跨中正弯矩比一次成桥的连续梁要大,边跨的跨中受力与简支梁接近,跨中正弯矩配筋量也与简支梁接近;中跨跨中正弯矩小于边跨,配筋量比简支梁少 12%~14%。

本桥处于溶岩发育区,采用了大直径桩基配预应力混凝土盖梁的桥墩形式,减少了桩基穿越溶洞的机会。

参考文献:

[1] JTJ 023—85,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[2] 贺栓海,谢仁物.公路桥梁荷载横向分布计算方法[M].北京:人民交通出版社,1999.

[3] 范立础.预应力混凝土连续梁[M].北京:人民交通出版社,1999.

[4] 美国各州公路和运输者协会.曾威,等译.公路桥梁标准规范[S].1986.

Design of Jiuzhou Rive Bridge on Yu-Zhan Expressway

HUANG Ping¹, WU Hong-tao²

(1.Guangdong Highway Design Institute,Guangzhou 510507,China;
2.Nuclear Industry &.Geology Bureau of Hunan Province,Hengyang 421008,China)

Abstract: The structure of simply supported and continuous beam is widely adopted in bridges of the expressway nowadays. Taking the design of Jiuzhou Rive Bridge for an example, its structural characters and its design calculation method are briefly introduced. And for decreasing the probability of the piles which cross the water-eroded cave, the twin shaft pier and the prestressed coping are adopted for the substructure and foundation of the bridge in the whole width range of it. It is referential experiences for design of the same kind of bridges.

Key words: Jiuzhou River Bridge; simply supported; continuous; design and calculation