

文章编号:1671-2579(2006)01-0080-03

600 m 跨径混凝土拱桥的试设计研究

陈宝春, 黄卿维

(福州大学, 福建 福州 350002)

摘 要: 目前世界上跨径最大的混凝土拱桥是我国的重庆万洲长江大桥(主跨 420 m)。近几年国外对超大跨径混凝土拱桥的研究相当活跃。该文对国外进行的两座跨度在 600 m 左右的混凝土拱桥的试设计研究进行介绍, 以促进国内超大跨径混凝土拱桥研究的发展。

关键词: 拱桥; 600 m 超大跨径; 混凝土; 试设计; 施工

1997 年我国建成了世界上跨径最大的混凝土拱桥——主跨达 420 m 的重庆万洲(原四川万县)长江大桥。

近几年国外对大跨径混凝土拱桥的研究相当活跃。为促进我国超大跨径混凝土拱桥的研究, 所以本文将文献[5]、[6]为主要参考文献, 对两座跨径在 600 m 左右的混凝土拱桥的试设计研究进行介绍。

1 法国米勒高架桥 602 m 混凝土拱桥方案

1.1 概述

法国米勒高架桥(Millau Viaduct)位于法国南部高速公路 A75 路线上, 全长约 2 500 m。该桥已于 2004 年 12 月建成通车, 主桥为 $204 + 6 \times 342 + 204$ m 的单索面斜拉桥, 桥面最高点离地面 270 m, 号称世界第一高桥。1996 年, 在法国米勒高架桥的国际方案竞标中, 著名的 Jean Muller 国际顾问工程师公司与 Alian Spielmann 顾问建筑师公司联合提出了主跨 602 m 的混凝土拱桥方案。

该方案以主孔为 602 m 跨径的混凝土拱桥一跨跨越了宽 700 m、深 250 m 的塔姆(Tarn)河谷, 从而避免高墩柱复杂的设计与施工, 其效果图见图 1。该方案雄伟壮观, 桥梁与周围环境极为协调, 可惜未能中标。

1.2 结构方案

该方案的主拱圈采用等高变宽度的混凝土箱形截

面, 高度为 8 m, 宽度从拱顶的 8 m 逐渐加宽至拱脚的 18 m。从工程造价和景观需求方面考虑, 拱上建筑左右是完全对称的, 主梁跨径布置为 $87.5 + 80.5 + 2 \times 133.0 + 80.5 + 87.5$ m, 其总体布置见图 2。

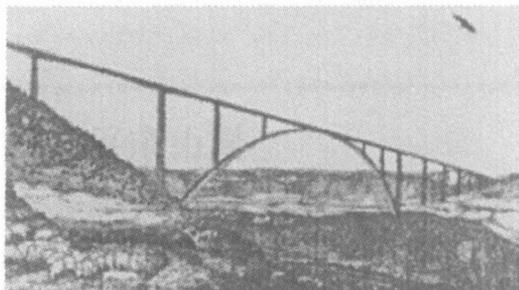


图 1 米勒桥拱桥方案效果图

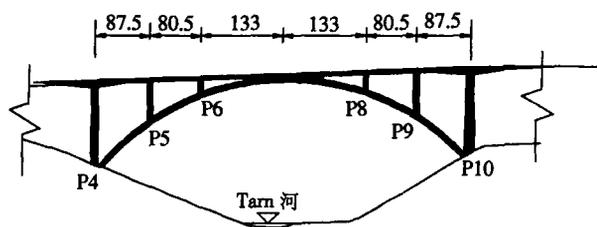


图 2 米勒桥总体布置图(单位:m)

主拱圈与主梁的横截面构造如图 3 所示。主拱圈内部为八角形、外部为六角形且在侧向带有明显的弧线状。主梁为带撑架的单箱单室箱梁, 上翼缘宽 24 m, 高度为 4 ~ 10 m。在拱顶处, 拱圈与主梁联成整体, 联结长度为 105 m。交界墩高 138 m, 拱脚支撑于良好的岩石地基上, 拱座基础采用桩基础, 右岸侧为

收稿日期:2005-09-13(修改稿)

作者简介:陈宝春,男,博士,教授。

φ4 m ×2 根,左岸侧为 φ3 m ×2 根。

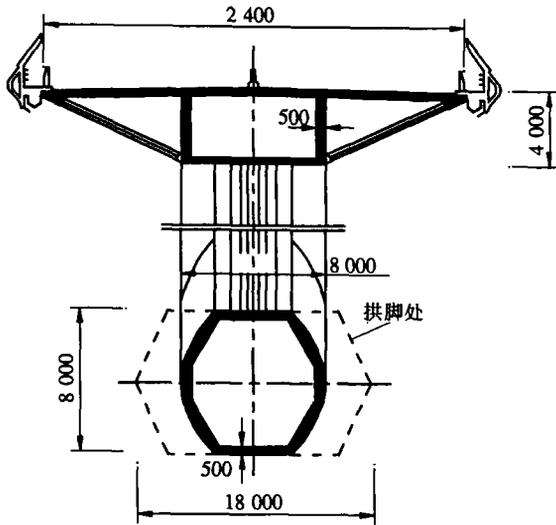


图3 拱顶处横截面构造图(单位:mm)

1.3 结构分析

为了减小拱圈的弯矩,拱轴线采用圆弧线与多项式曲线组合的曲线。计算分析发现,在恒载作用下拱顶处的轴力为 240 MN,拱脚处的轴力为 372 MN,拱座基础的地基最大应力为 8.3 MPa。交界墩底部反力为 137 MN,地基最大应力为 10 MPa。

1.4 施工方法

该桥的施工方法拟采用拱脚段悬臂架设、拱顶段使用劲性骨架合龙的组合施工方法。跨中劲性骨架合龙段的长度为 260 m,结构自重达 2 300 t,因此其施工难度大。

施工步骤如下: 进行主拱座与交界墩的施工; 采用斜拉扣挂悬臂施工法进行拱脚与第一立柱(P5、P9)之间拱圈的施工,两边拱圈同时进行,扣索成竖琴状锚于交界墩上; 进行第一立柱与主梁的施工,并对主梁施加预应力; 第二孔径的拱圈利用立柱顶端的拉索边扣边悬臂施工,其拉索配置为扇形; 在谷底临时台架上组拼拱圈劲性骨架,并且浇筑拱圈底板,利用千斤顶提升系统吊装该段,临时合龙,然后放松劲性骨架吊装时用于平衡水平拱推力的临时系杆,浇筑跨中段腹板和顶板的混凝土,完成永久性合龙; 进行引桥桥墩、拱上立柱以及主梁的施工。图4为第5阶段的施工示意图。

2 日本 600 m 混凝土拱桥的试设计

2.1 概述

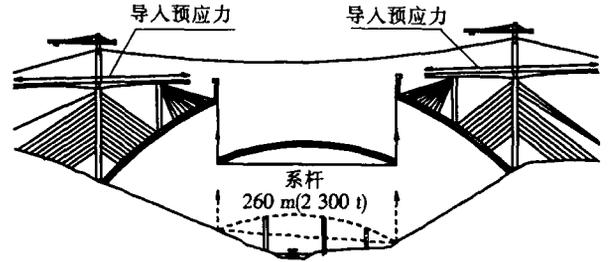


图4 米勒桥主拱圈施工示意图

日本土木协会于 1999 年开始组织进行跨径达 600 m 钢筋混凝土拱桥的可行性研究,于 2003 年出版了《600 m 跨径级的混凝土长大拱桥的设计与施工》一书。该书分为 3 大篇,分别为“混凝土长大拱桥的历史、动向与必须克服的问题”、“600 m 跨径级的混凝土长大拱桥的试设计与施工计划”和“600 m 跨径级的混凝土长大拱桥的设计与施工指南”。限于篇幅,本文仅对其关于 600 m 跨径混凝土拱桥试设计的主要结果进行介绍。

2.2 结构方案

试设计中的桥梁结构形式采用上承式倒洛泽无铰拱(有推力的拱梁组合体系),计算跨径为 600 m,矢跨比为 1/6,拱轴线系数 $m = 2.0$ 。主梁采用了预应力混凝土刚构连续梁,跨径 40 m,梁高 2.5 m,以增大立柱间间距、方便施工。其总体布置详见图 5。

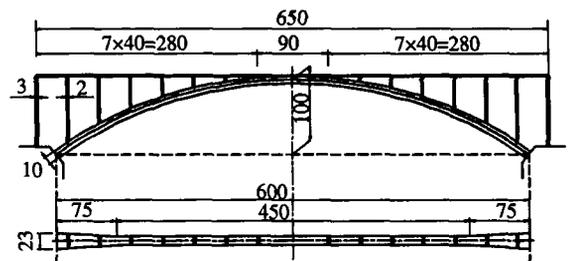


图5 总体布置图(单位:m)

拱圈为单箱三室截面,见图 6。顶底板厚 750 mm,侧腹板和中箱腹板厚分别为 750 mm 和 500 mm。主拱圈截面为变宽度和变高度,宽度由拱脚段的 23.0

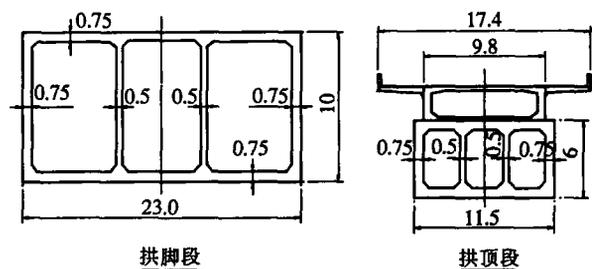


图6 横截面构造图(单位:m)

m变化到拱顶段的11.5 m,高度由拱脚段的10.0 m变化到拱顶段的6.0 m。立柱采用矩形双立柱混凝土结构,截面尺寸为3 m×2 m。

2.3 结构分析

该桥的结构计算模型如图7所示。拱圈在拱脚处为固结;主梁与长立柱固结成刚构,支承于短立柱上为连续梁结构,因此主梁是刚构连续梁组合结构。立柱与拱圈均为固结。拱顶处拱圈与主梁联成一体,计算时只考虑拱圈的刚度,而主梁则以荷载形式来考虑。

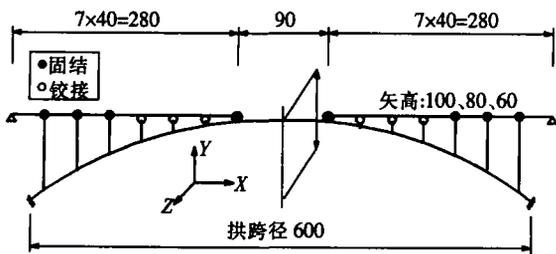


图7 结构模型图(单位:m)

结构计算分析时,考虑了矢跨比分别为1/6、1/7.5和1/10三种情况,通过考察结构的受力特性来确定合理的矢跨比。分析结果表明,在3种矢跨比中,矢跨比为1/6时,拱轴线与在恒载作用下的压力线吻合最好;在地震力作用下,其截面内力与其他两种矢跨比相差不大。因此,试设计中矢跨比决定选用1/6。

分析矢跨比为1/6的计算模型发现,恒载作用下结构内力最大值出现在拱脚处,其弯矩达1 545 891 kN·m,轴力为786 481 N;在地震力作用下,平面内受力最不利也出现在拱脚处,弯矩值为3 229 228 kN·m,轴力为741 367 N,平面外受力最不利也是在拱脚处,不过由于截面构造以及材料配置的差异,拱顶处与拱脚处的应力值相差并不多。

2.4 施工方法

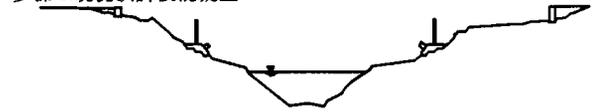
试设计提出两种施工方案:一种是采用劲性骨架法,其施工与我国的万洲长江大桥大同小异,此处不赘述;另一种是组合施工法,即在拱脚段采用斜拉扣挂悬臂施工、在拱顶段悬拼劲性骨架而后在成拱的骨架上现浇混凝土的组合施工方法。

试设计中,以万洲长江大桥的地形条件作为假想架设地点来考虑其施工方案。施工步骤如下(图8):

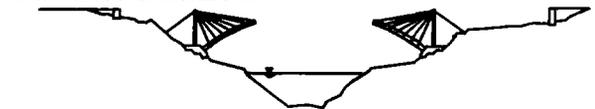
在拱座处搭设支架现浇15~20 m拱脚段;使用120 t缆索吊机起吊5 m一节段的混凝土预制块,利用锚在交界墩上的扣索边扣边向跨中悬拼,至1/4跨径附近;在其悬臂半拱端部设置一座临时扣塔。从这里开始悬臂拼装劲性骨架而非混凝土拱圈,直至劲性

骨架合龙;利用大型移动作业车在合龙的劲性骨架上浇筑混凝土,完成混凝土拱圈合龙;松除扣索,撤去临时塔架,进行引桥桥墩、拱上立柱的施工;进行主梁架设,完成全桥施工。

步骤 1:现浇拱脚段混凝土



步骤 2:悬拼拱肋混凝土节段



步骤 3:悬拼劲性骨架节段



步骤 4:合龙劲性骨架、浇筑混凝土



步骤 5:引桥桥墩、拱上立柱施工



步骤 6:架设主梁,完成全桥施工



图8 施工顺序图

参考文献:

- [1] 陈宝健,许有胜,陈宝春. 日本钢筋混凝土拱桥调查与分析[J]. 中外公路,2004(4).
- [2] 许有胜,陈宝春. 南非布洛克斯拱桥[J]. 中外公路,2004(4).
- [3] 陈昫明,陈宝春,吴炎海,等. 432 m活性粉末混凝土拱桥的设计[J]. 世界桥梁,2005(1).
- [4] J. Muller. on Design and Construction of Long Span Concrete Arch Bridge[A], Proceedings of the Third International Conference on Arch Bridge[C], 19 - 21, Sept. 2001, Paris France:17 - 26.
- [5] 日本土木学会. コニクリト长大アーチ橋 - 支間600 mクラス - の设计施工[M]. 东京:日本土木学会,2003.
- [6] A Spielmann. Un Arc de 600 Metres[A], Proceedings of the Third International Conference on Arch Bridge[C], 19 - 21, Sept. 2001.