

文章编号:1671 - 2579(2005)04 - 0109 - 03

南非布洛克兰斯拱桥

许有胜, 陈宝春 编译

(福州大学, 福建 福州 350002)

摘要: 南非布洛克兰斯拱桥建成于 1983 年, 跨径 272 m, 是非洲最大跨径的混凝土拱桥, 在当时同类桥型中名列世界第四, 至今仍是世界跨径第七大的混凝土拱桥。布洛克兰斯拱桥桥面离河床底 216 m, 十分雄伟壮观。拱圈采用临时塔架悬臂吊装法并由河堤两岸向中央对称施工, 450 m 长的连续预应力混凝土桥面板采用滑模法逐段现浇施工。

关键词: 桥梁工程; 混凝土拱桥; 设计; 分析; 悬臂吊装施工

1 引言

混凝土拱桥在相当长的时期内是我国的主导桥型, 广大桥梁工作者对其技术进步进行了不懈的努力与探索, 取得了可喜的成就, 1997 年建成的主跨 420 m 的重庆万州(原四川万县)长江大桥是目前世界上跨径最大的钢筋混凝土拱桥。然而, 近期对混凝土拱桥的应用和研究与其他桥型相比却相对落后了, 与国外的相关研究相比也显得落后。最近, 克罗地亚提出修建跨径达 432 m 的培克(Bakar)桥的设计构思; 1996 年, 在法国米勒(Millau)山谷的跨越塔姆(Tam)河的设计方案中, 出现了长达 602 m 的钢筋混凝土拱桥的方案; 日本土木学会于 1999 年开始组织进行跨度达 600 m 钢筋混凝土拱桥的可行性研究, 并于 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。在国外近期开展的大跨径钢筋混凝土拱桥的研究中, 无论是在结构形式、还是在施工方法方面, 都在很大程度上受到了南非布洛克兰斯(Bloukrans)钢筋混凝土拱桥的影响。

布洛克兰斯拱桥的跨径为 272 m, 1983 年建成。当时是非洲最长、世界第四大单跨混凝土拱桥, 至今仍保持在世界第七位。为跟踪国外的研究和推动我国相关研究工作的进展, 促进我国大跨径钢筋混凝土拱桥的技术进步, 本文通过对文献[2]、文献[3]的编译, 对布洛克兰斯桥的设计与施工进行了介绍, 以供参考。

2 结构总体设计

布洛克兰斯拱桥位于南非共和国南海岸线的国道 2 号线上, 跨越布洛克兰斯峡谷。桥面离河床底高 216 m。桥址处地形陡峭, 岩石裸露, 地形地质条件十分适合于拱桥结构。

布洛克兰斯桥全长 448 m, 桥面宽 16 m, 主拱净跨径为 272 m。拱肋为钢筋混凝土单箱三室截面, 宽 12 m, 高 3.6~5.6 m。分离式钢筋混凝土双立柱支承双箱双室预应力混凝土箱梁桥面结构。该桥的总体布置见图 1。建成后的大桥见图 2。

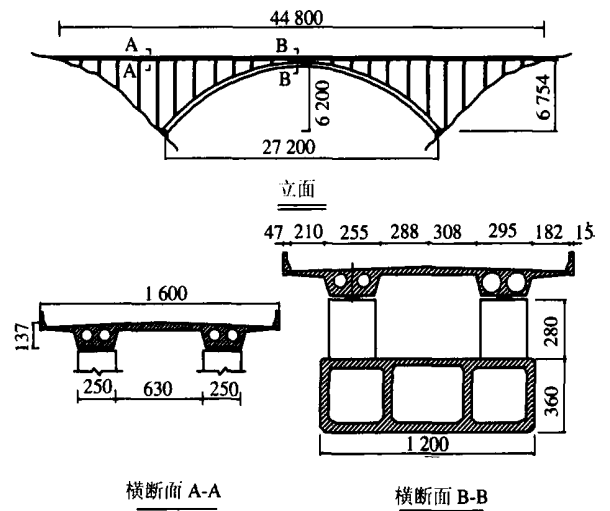


图 1 布洛克兰斯拱桥总体布置图(单位:cm)

收稿日期:2005 - 03 - 12

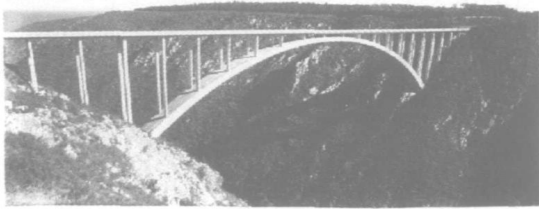


图2 建成后的布洛克兰斯拱桥

3 设计计算

在设计计算中,车载、风载和地震荷载采用《南非桥梁设计规范草案》(1978年)的规定,详见其第一、二及特殊说明部分;其余荷载根据 BS5400(1978年)来确定。

拱桥成桥后的受力计算有两种方法:一种是不考虑结构的施工过程,把所有的荷载一次性加到成桥结构上进行分析,称为一次性分析;另一种是考虑施工过程中结构不断形成、荷载不断增加的受力情况,跟踪结构的受力历史,称为逐阶段分析。这两种分析方法所得结构的应力会有很大的不同。此外,逐阶段分析法对于施工工期较长的桥梁(本桥工期估计42个月),徐变和收缩产生的应变可能较大,导致结构中应力的重分布和变形的增加。

由于结构的长细比较大,有必要观察它在荷载作用下的非线性行为。分析中,把结构模拟为不同构件具有不同的材料非线性性能的平面框架,分析在长期荷载(恒载、预应力、收缩、徐变、基础变位)作用下和温度荷载以及活载作用下结构的极限状态。分析结果表明,在相同荷载作用下,非线性分析得到的拱的弯矩值比弹性分析所得到的弯矩值高25%。

对桥梁结构进行了动力分析,以考察结构的地震响应。由于当地没有地震记录,所以运用了多条世界各地实测的地震加速度时程曲线进行计算。结构最初的模型中桥面板和一个拱座之间为刚性连接,但由于

桥面板直接受到地面和基础的加速度作用,地震分析中拱座和桥面板在桥梁纵向受到很大的拉力和压力作用。因此,为了减小激励力对上部结构的影响,把桥面板在桥梁纵向和拱肋分离,在拱跨中处立柱上设置滑动支座。

4 施工方案

布洛克兰斯拱桥由姆莱(Murray)和罗伯特-康可尔(Roberts-Concor)公司共同建造。此前南非建成的跨径198m的万斯塔登(Van Stadens)峡谷桥给布洛克兰斯拱桥的设计和施工提供了宝贵的经验。万斯塔登峡谷桥采用悬臂吊装施工。两岸宽广的峡谷和陡峭的山体决定了布洛克兰斯拱桥宜采用带移动托架的悬臂吊装方法来施工,这样可以用缆索吊装来代替造价昂贵的、靠峡谷两边或临时钢拱(梁)来支撑的传统支架法。

布洛克兰斯拱桥分三个阶段从两岸对称施工。

第一阶段施工如图3(a)所示,包括基础、拱座、岸上立柱、拱脚段拱肋和导梁的施工。拱座完成后,紧接着进行拱肋的施工,期间可运用拱座上的永久立柱作为索塔来固定最初的三份扣索,以施工两边拱肋的各自前半段,而剩余的后半段和拱上立柱则用移动的临时塔架进行施工。

在第二阶段,桥面板暂时施工到索塔位置处,然后将拱肋施工至拱顶合龙。此施工阶段典型图示于图3(b)。拱肋的合龙共分为三大部分:把拱肋的两悬臂临时固定以减少两侧的相对位移,以便让合龙段的混凝土更好地养护硬化,而不产生太大的变形;结束现浇合龙段的施工;把荷载从临时的锁定体系和扣索上转移到已建成的拱肋上。

第三阶段见图3(c)所示,拱上建筑从拱桥两侧对称施工在跨中位置合龙。全桥桥面板共分为19段,用支撑在立柱上的悬臂预制梁从两岸对称施工。每片梁在架设前进方向离引导墩3.8m远的施工缝处施加全

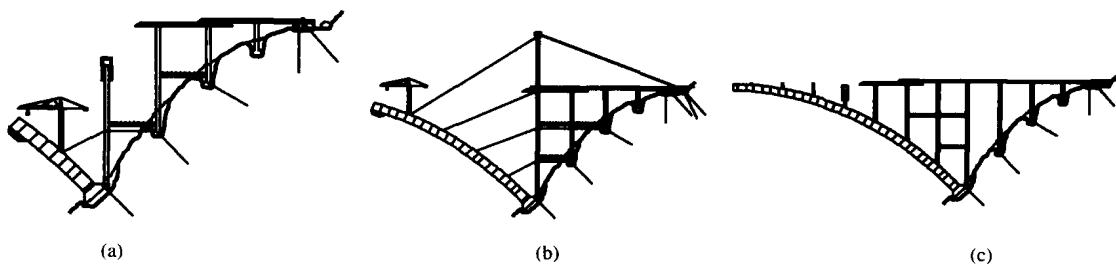


图3 典型施工阶段构造图

预应力。

5 施工技术

在施工阶段,要求各永久构件有足够的强度和刚度来抵抗结构自重、风、温度和施工荷载,并防止由于屈曲导致的失稳。因此,要采取必要的临时支撑、连接和锚固体系。

(1) 通过预应力索将桥面板固定到临近桥墩处,以保证其在水平风载作用下的纵、横向稳定性。

(2) 用纵、横向临时锚把高墩基础固定在岩石基础中,以增强未和桥面系连接的高墩横向抗风稳定性。

(3) 在拱肋的对称施工中,等间距地用扣索斜拉住混凝土拱肋悬臂段,使得拱肋的弯矩值都限制在容许值范围内(图 4)。但是,斜拉索对结构的横向刚度影响不大,因此横桥向的风载是由斜扣住的半拱以悬臂的形式来承受。

(4) 拱肋的合龙采用了瞬时合龙措施。先将止推块、预应力索和千斤顶把两半拱在拱顶临时固定起来,然后完成永久性合龙措施。

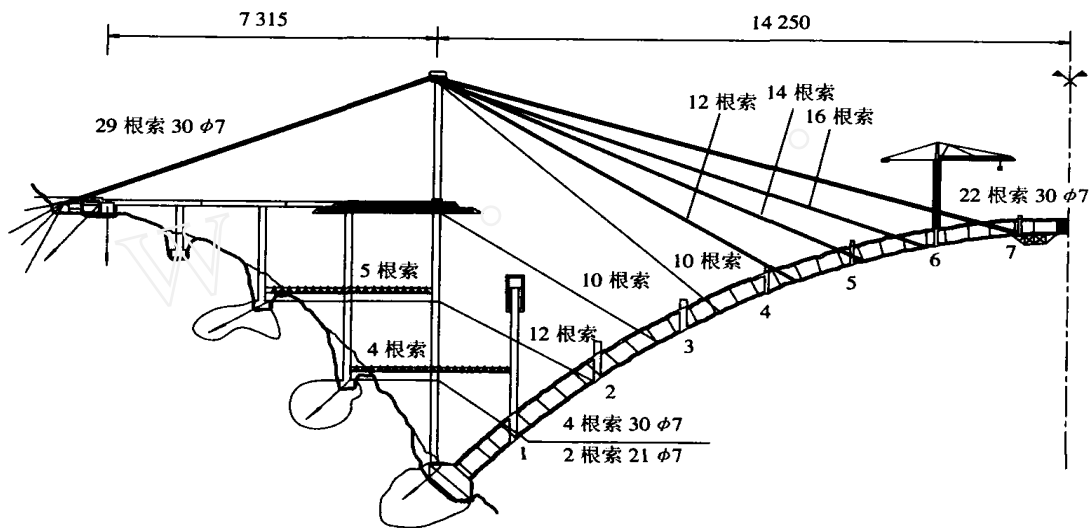


图 4 临时扣索结构分布图(单位:cm)

(5) 在桥面纵梁施工期间,用平衡压重措施把拱肋弯矩限制在容许值范围内,并保证拱肋的稳定性。

为了降低工程造价,临时结构体系中大量使用了永久性构件。例如,拱座上的立柱设计时考虑将其作为索塔和临时塔架,而且将这些立柱置于拱座之上,使之在拱肋施工期间能对基础产生稳定作用(图 4)。再如,将引桥的立柱基础作为扣索的临时锚固(图 4)。同样,桥台也可以充当扣索的临时锚固,同时也被用于固定桥面板以抵抗风荷载。此外,对于第 3 组扣索,桥面板被用作临时系杆将扣索力传到桥台中。

另一个影响到临时结构体系经济性能的重要因素是每组索的类型和尺寸。索的最经济的布置是在考虑了弯矩和剪力作用后最大程度地利用拱的自由悬臂能力。在布洛克兰斯桥施工中,拱的最大自由悬臂能力为 3 个混凝土节段(施工现场如图 5 所示)。

由于每个施工步骤都会在多方面影响到结构体系的受力性能,所以需要认真分析施工时拱的临时结构。

在分析中,要考虑到每个施工段的恒载、施工托架和模板的位移、温度对索和混凝土结构的影响和索结构自身的应力。在施工过程中,可以通过扣索的间距、尺寸、悬浇长度以及索塔高度、扣点位置、锚固点位置等的合理设计来控制拱肋的应力和变形。

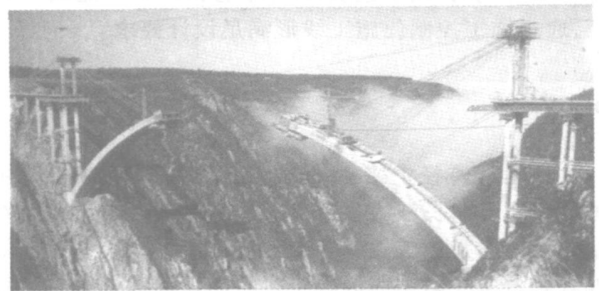


图 5 第二阶段施工现场照片

为了达到设计要求的拱轴线,应综合考虑施工过程的各种因素影响,进行各阶段的受力分析,计算出施工预拱度,然后加到设计的拱轴线上形成各阶段要求

文章编号:1671-2579(2005)04-0112-04

假载法调整斜拉桥的成桥内力状态

张劲超¹, 颜东煌²

(1. 广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510100; 2. 长沙理工大学)

摘要: 该文提出了一种简单方便的假载形式, 结合最小弯曲能量法, 运用于斜拉桥的合理成桥状态确定中。并通过其在不同斜拉桥桥型中的应用, 讨论了该方法在斜拉桥中的应用范围。

关键词: 斜拉桥; 假载法; 合理成桥状态; 最小弯曲能量法

1 引言

确定斜拉桥的合理成桥状态有许多方法, 其中以最小弯曲能量法应用最为广泛。但是目前使用该方法仅以恒载作用下结构系统弯曲能量最小为目标, 对于很多斜拉桥, 求得的成桥状态在最不利荷载组合下容易出现局部弯矩不合理现象。若能在最小弯曲能量法中考虑活载的影响, 将有利于运用最小弯曲能量法获得更为合理的成桥状态。

斜拉桥的假载调整弯矩法是从拱桥主拱圈应力调整的假载法沿用过来的。斜拉桥在最不利荷载组合时, 常常会出现桥梁跨中正弯矩和桥塔根部负弯矩过大的情况。采用假载法可以减小跨中、桥塔根部的过

大弯矩。

所谓假载法, 实质上就是在需调整弯矩的各控制截面的一定范围内, 施加假想的一些荷载, 使得成桥状态时主梁各相应截面有一定的正负弯矩储备, 从而可以减小各控制截面在最不利荷载组合时的过大弯矩值, 改善全桥的受力。

假载调整弯矩法的基本思路是: 运用弯曲能量最小法, 使斜拉桥结构在全部恒载和假载共同作用下的弯曲应变能变为最小。然后, 去掉假载在结构内产生有利的弯矩, 使控制截面主梁的弯矩值达到预期的效果。

具体实施步骤如下:

(1) 选取计算图式, 确定结构的主要构造参数, 利用弯曲能量最小法, 将主梁、桥塔和斜索的轴向刚度取至无穷大(一般将 EA 增大 10 000 倍即可)。

的施工轴线。在施工时, 对拱肋上几个关键点的变形进行实时观测, 以掌握实际变形值和理论值之间的差距, 通过施工控制使施工线形满足设计要求。

6 结语

虽然从跨径上来说, 布洛克兰斯桥(272 m)比中国的重庆万州长江大桥(420 m)小很多。但无论是在结构设计还是施工技术方面, 它都有许多值得借鉴的地方。希望我国钢筋混凝土拱桥的设计与施工技术能在现有的基础上, 通过不断创新, 取得更大进步。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 日本土木学会. 600 m 跨径级的混凝土长大拱桥的设计与施工[M]. 东京: 日本土木学会, 2003.
- [3] A. C. LIEBENBERG, M. G. LATIMER. Bloukrans bridge [A], Proceedings of the Third International Conference on Arch Bridge [C], 19 ~ 21, Sept. 2001, Paris France: 35 ~ 40.

收稿日期: 2005-02-20

作者简介: 张劲超, 男, 硕士, 助理工程师.