

斜靠拱桥的方案比较

金爱军

(上海城建集团公司,上海市 200063)

摘要:斜靠式拱桥是两片竖直主拱与两片斜拱两两组合成的空间受力体系。这种桥外形独特新颖,富有曲线美和力度感。该文以某工业开发区正在设计中的斜靠式拱桥为例,就这种桥梁的结构体系、不同截面方案等问题展开讨论,并给出推荐方案。

关键词:斜靠式拱桥;系杆拱桥;钢管拱

中图分类号:U448.225 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)06-0058-03

0 引言

斜靠式拱桥由四片拱肋组成,中间两片为平行拱肋,两侧各布一倾斜拱肋。中间平行拱肋为桥梁的主要承重结构,桥面开阔、畅通,每侧倾斜拱肋与相邻竖直拱肋构成人行桥的空间。斜拱与主拱组成空间稳定体系,提供了结构的稳定性。这种桥型外形新颖美观,同时又具有许多鲜明的技术特点:

(1)空间效应明显。斜靠式拱桥的计算不能单纯利用平面杆系程序进行简化计算,应利用空间有限元程序做三维有限元分析。

(2)构件连接要求高。斜靠式拱桥存在许多构件的纵向和横向连接,若构件连接处理不当,容易引起桥面板开裂、拱肋应力过大等严重后果。

(3)主斜拱变形要协调。因为斜靠式拱桥是一个典型的空体系,主、斜拱肋的变形不协调将严重影响桥梁的整体性。

(4)构件截面的选择要兼顾美观。斜靠式拱桥本身就是作为城市景观桥梁出现的,因此其细部构造的处理在满足安全性的前提下应尽量考虑美观,与全桥的整体风格一致。

本文以某设计中的斜靠式拱桥为例,就这种桥梁的设计中结构体系、不同截面方案等问题展开讨论,并给出推荐方案。

1 桥梁概况

该斜靠拱主桥长约143 m。桥梁总体布置图如图1所示。

2 计算分析内容

根据设计提出的劲性骨架混凝土系梁与钢管

系梁两种系梁方案,纺锤型与哑铃型两种钢管混凝土拱肋截面,以及斜靠拱拱脚有无推力两种结构体系,对桥梁的成桥状态的静力、稳定特性进行分析以提出推荐方案。

2.1 斜拱有无水平推力的比较

以往的斜靠式拱桥多采用主拱为自平衡系杆拱,斜靠拱为有水平推力的中承式拱组合而成。本桥跨径较大,地质多为粘土层和砂层,由于主拱和斜靠拱体系的不同,在活载和温度荷载作用下,斜拱水平推力是否会引起变形的不协调以及一系列的结构受力问题。在结构方案的比较分析中,拟采用斜拱有水平推力和无水平推力两种情况进行比较。

2.2 拱肋断面形式的比较

拱圈为钢管混凝土结构,主拱拱圈与斜靠拱拱肋均采用同样的断面形式。主拱拱圈跨径143 m,拱轴线型取二次抛物线,矢跨比为1/5,在钢管内灌注C50微膨胀混凝土;斜拱拱圈跨径161.5 m,为考虑主斜拱的协调性,平面内拱圈线型为二次抛物线,矢跨比为1/4.5,钢管内不灌注混凝土。经过初步计算分析,拟定如下两种拱肋断面形式(见图2)。

2.3 系梁形式的比较

在主拱和自平衡式系杆拱体系中的主拱圈产生的水平推力由系梁承担,一般系梁采用钢箱(系梁断面1)的型式。考虑到本桥跨径较大,系杆拱桥结构在活载作用下会有较明显的振动现象,系梁形式可采用劲性骨架的预应力混凝土箱梁(系梁断面2)的方案,以增加结构的自重。

经过初步计算分析,拟定如下两种系梁断面形式(见图3)。

3 计算分析结果

3.1 截面形式比较结果

首先在相同结构体系下,比较不同截面形式

收稿日期:2006-07-30

作者简介:金爱军(1970-),男,上海人,工程师,从事市政公用设施建设工作。

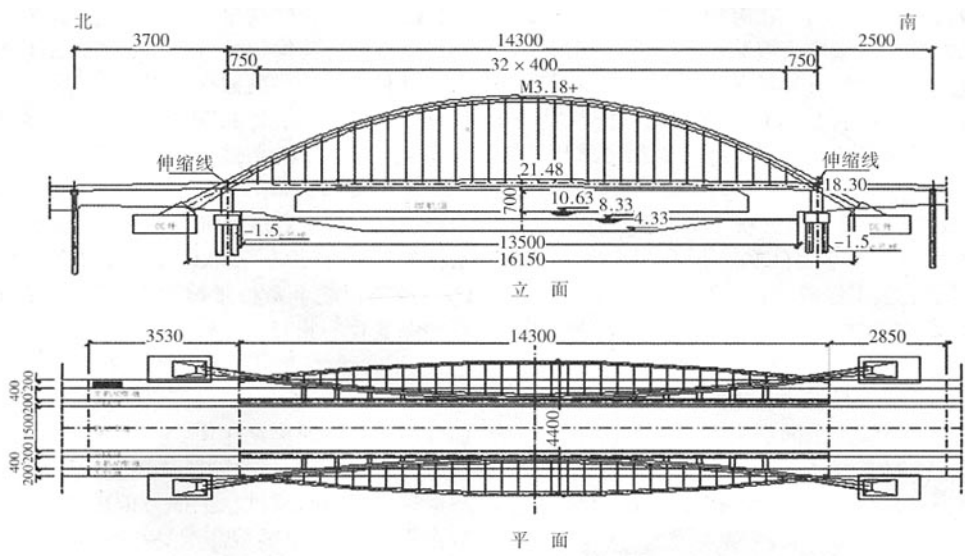


图 1 总体布置图

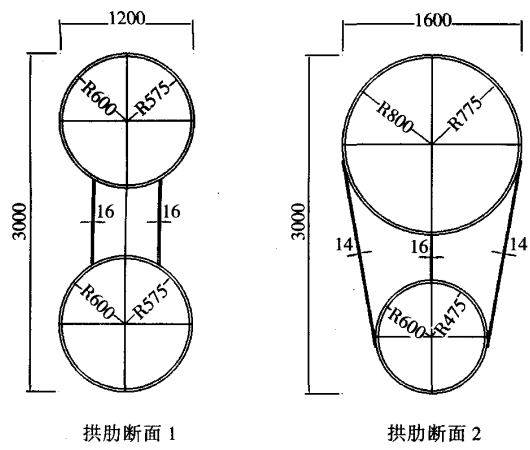


图 2 拱肋断面形式

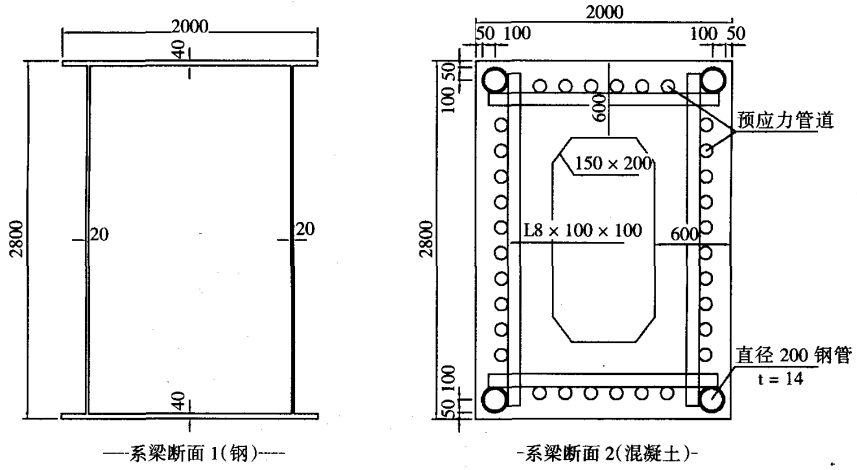


图 3 系梁断面形式图

对桥梁静力特性的影响。在有推力体系下选取方案 1,是劲性骨架的预应力混凝土系梁和纺锤形拱肋);方案 2,是劲性骨架的预应力混凝土系梁和哑铃形拱肋;方案 3,是钢箱系梁和纺锤形拱肋;方案 4,是钢箱系梁和哑铃形拱肋。截面形式比较主要构件控制正应力见表 1。

3.1.1 恒载作用计算结果分析

(1)由于钢箱系梁的自重较小,所以方案 3、方案 4 的主拱圈上、下缘应力较方案 1、方案 2 小。

(2)恒载在方案 1、方案 2 中劲性骨架预应力混凝土中产生的拉应力可由预应力平衡。所以在系梁恒载应力图中只需注意恒载在方案 3、方案 4 中钢箱系梁上下缘产生的正应力。

(3)方案 3、方案 4 的中纵梁上、下缘应力明显大于方案 1、方案 2 的中纵梁上、下缘应力,但仍有较多的强度储备。

(4)恒载下方案的不同对结构其他构件的影响不大。

3.1.2 活载(含人群荷载)作用和温度荷载作用计算结果分析

(1)在活载和温度荷载作用下,若采用劲性骨架预应力混凝土系梁,在最不利情况下,上、下缘均需要提供近 3 MPa 的压应力储备。而若采用钢箱系梁,在最不利情况下钢材仍有较大的应力储备。

(2)活载作用下,方案 1、方案 3 的主拱和斜靠拱的跨中横向位移均较方案 2、方案 4 稍小,说明纺锤型拱肋截面的刚度较哑铃型拱肋截面大,同时也会分配到较大的面外弯矩,但差别的绝对值不大。

(3)活载和温度荷载下,方案的不同对结构的其他部分会有一些相对较大的影响,但绝对值比较低,可以不作考虑。

综上所述,主要出于对系梁拉应力强度储备的考虑,推荐用钢箱梁作主拱系梁,同时因为减轻结构自重,减小拱圈轴力,可以提高结构一类稳定系数。而拱肋截面的两种形式对结构静力相应影响不大,需进行稳定性能等其他方面的比较,拱肋截面强度也有较大富裕,建议减小钢管厚度。

3.2 结构体系比较结果

在无推力结构比较分析中,暂定结构采用钢箱系梁和哑铃形拱肋截面,对以下三种方案进行计算比较分析:方案 1,斜靠拱有推力,即前述的方案 4;方案 2,斜靠拱无推力,斜靠拱无永久系杆,成桥状态斜靠拱水平推力由端横梁传至系梁承担;方案 3,斜靠拱无推力,斜靠拱设系杆,其中系杆参数取为,面积 $A=0.0718\text{ m}^2$,初始索力 1 400 kN。成桥恒载下系杆张拉力为北侧(假定铺设水管和煤气管一侧)5 754 kN,南侧 5 505 kN。

(1)无推力方案主要注意主拱和斜靠拱拱脚处的变形协调问题以及对端横梁的作用,对其他部分的影响不起决定作用。

(2)方案 2,在斜靠拱不设永久系杆,成桥状态由端横梁将斜靠拱水平推力传递到系梁,在恒载作用下,端横梁端部承受水平力为 1 450 kN。在设计方案中的横梁刚度下计算所得相对于主拱拱脚的最大位移为 87 mm,不能满足横梁的刚度要求,为调整端横梁面外刚度,在横梁钢箱内填充混凝土,计算得在恒载作用下主拱拱脚和斜靠拱拱脚仍有 52 mm 的相对位移,仍不能满足要求。另外由于拱脚水平上的变形相对自由,所以在恒活载作用下拱跨中的横向和竖向均有很大位移。

(3)方案 3,由于设预张拉系杆平衡斜靠拱水平推力,故在恒载下仅有 1 mm 相对位移,在温度荷载作用下,方案 3 的两拱脚相对水平位移 12 mm,折合 $L/800$,满足规范要求,端横梁强度也满足。可推荐采用方案 3。

(4)对于方案 2、方案 3,为避免端横梁承受过大的斜靠拱脚竖向分力,支座建议设在斜靠拱脚下方。

3.3 稳定特性比较结果

在计算比较各种方案的一类稳定性能时,主要比较拱肋截面形式和整体结构体系对结构稳定性能的影响,所以计算模型中均采用钢箱系梁,比较结构在恒载和满跨偏布活载下的一类稳定性能。有推力体系的一阶屈曲系数:纺锤型截面拱肋结构为 5.304,哑铃型截面拱肋结构为 4.035。无

表 1 截面形式比较主要构件控制正应力汇总表(MPa)

位置		恒载				活载				温度荷载			
		方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
系梁	上缘应力	6.6	6.3	70.8	66.5	1.5	1.5	17.8	17.8	1.5	1.4	16.7	15.1
	下缘应力	7.3	6.9	77.3	71.1	1.9	2.0	18.3	18.6	0.7	0.7	8.7	8.1
主拱肋	上缘应力	-52.9	-62.0	-39.6	-44.4	-10.5	-12.5	-10.2	-12.2	-10.0	-10.5	-9.4	-10.1
	下缘应力	-48.4	-56.3	-33.0	-37.8	-6.0	-7.0	-5.6	-6.5	-3.3	-4.4	-3.9	-5.0
斜拱肋	上缘应力	-59.4	-66.2	-61.6	-66.3	-8.1	-9.0	-11.1	-12.1	-38.1	-37.6	-39.1	-38.6
	下缘应力	-50.3	-58.2	-51.7	-58.4	-5.9	-6.6	-8.2	-9.4	-17.2	-15.0	-17.3	-15.0

郑东新区 CBD 景观桥设计

郭咏辉, 王冠杰, 蔡 华

(郑州市市政工程勘测设计研究院, 河南郑州 450052)

摘 要: 简单介绍了郑州市郑东新区 CBD 景观桥的设计方案, 并进行了结构受力分析, 该桥方案设计时强调的是景观效果, 因此对结构分析及施工要求较高, 该文介绍了此桥的景观设计及施工特点, 为类似的景观桥梁提供了借鉴作用。

关键词: 城市桥梁; 景观设计; 预应力连续梁

中图分类号: U448.215 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)06-0061-02

0 前言

郑东新区 CBD 景观桥是郑州市郑东新区中央商务区的一座景观桥, 位于南北运河入龙湖湖口处, 该处位于郑州市东部, 周围是龙湖、国际会展中心和艺术中心, 地理位置非常重要, 要求突出景观效果。

根据景观要求, 桥型方案选择原则为: 环境协调, 桥型美观, 简洁大方, 安全、舒适、经济。

拟建场地地形平坦, 地貌单元属黄河泛滥冲积平原。场地附近无不良地质作用。地下水较浅, 埋深 1.6 ~ 3 m, 地下水对混凝土结构和钢筋混凝土结构不具腐蚀性。建筑场地类别为 III 类, 场地地基土无地震液化。

1 概述

本桥主要用于人行, 仅在非常时刻容许紧急车辆通行, 正常情况下应限制车辆通行。桥全长 120 m, 采用 3 跨 40 m 等截面预应力连续箱梁, 纵向设计为曲线形, 箱梁顶底面所在竖曲线半径为 $R = 837.9$ m, 立面布置见图 1。下部采用 9 m 宽实

体墩, 立墙式桥台, 钻孔摩擦桩, 用承台连接; 桥面铺装采用花岗岩人行道砖。

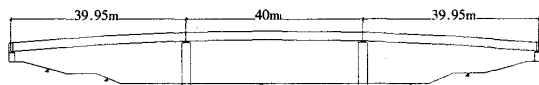
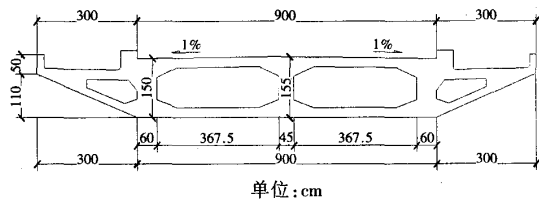


图 1 立面布置图

桥宽 15.0 m, 桥面设 1.0% 双向横坡, 人行道宽 9 m, 两侧各设置 3 m 绿化带, 为了满足绿化带覆土厚度 (0.4 m) 的要求, 且不影响景观, 绿化带处采用截面下凹的形式, 横断面布置见图 2。



单位: cm

图 2 横断面布置图

梁高仅 1.5 m, 高跨比为 1/26.7, 而一般高跨比范围大约为 1/11 ~ 1/16^[1], 该桥远远超过了正常范围, 而且是三等跨连续梁, 结构计算有相当大的难度。

2 结构分析

2.1 设计指标

根据斜靠拱有推力结构、斜靠拱无推力结构、一类稳定及动力特性的分析比较, 建议采用方案为: 斜靠拱无推力, 在斜靠拱拱脚设永久系杆, 采用钢箱系梁及纺锤型截面拱肋。

参考文献

- [1] JTJ023-85 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [2] 肖汝诚, 孙海涛, 贾丽君等. 斜靠式拱桥[J]. 上海公路, 2004, 4: 22-26.
- [3] 肖汝诚, 孙海涛, 贾丽君等. 昆山玉峰大桥 - 首座大跨度无推力斜靠式拱桥的设计研究[J]. 土木工程学报, 2005, 38(1): 78-83.

收稿日期: 2006-03-15

作者简介: 郭咏辉 (1974 -), 女, 湖南人, 工程师, 从事桥梁设计工作。

推力体系的一阶屈曲系数: 纺锤型截面拱肋结构为 5.746, 哑铃型截面拱肋结构为 4.44。由不同拱肋截面形式和不同结构体系的一类稳定性能比较可以看出, 纺锤型拱肋由于面外刚度较哑铃型拱肋大, 对结构的面外稳定是有利的, 而由于结构一阶失稳模态都是由面外失稳, 所以纺锤型拱肋截面能提高一类稳定系数。而无推力斜拱中拱轴压力较有推力拱的小, 所以其稳定系数也有一定的提高, 因此拱肋截面推荐为纺锤型截面。

4 方案比较结论