

横向偏心桥墩的设计探讨

肖春¹, 钱治杭², 李杰³

(1.中恒工程设计院有限公司,四川成都610017; 2.中国市政工程西北设计研究院有限公司成都分公司,四川成都610017;
3.核工业西南勘察设计研究院有限公司,四川成都610065)

摘要:城市高架桥作为现代交通体系中的重要一环,其桥墩布置不仅要考虑桥本身,还需兼顾桥下道路净空及整体景观需求。当高架桥中心线与桥下道路分隔带中心线不重合,或桥墩布设受河道、地铁、管线等限制时,采用横向偏心桥墩是一种有效的办法。凤凰山高架桥ZX49#墩采用双层桥墩,其上层为偏心距1.55 m的横向偏心墩。介绍凤凰山高架桥ZX49#上层偏心墩的构造及分析计算,探讨异形墩柱的等效截面计算方法,可为国内外类似结构的设计提供参考。

关键词:偏心桥墩;预应力墩柱;双层桥墩;等效截面

中图分类号: U443.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0109-04

0 引言

随着社会经济的快速发展,城市高架桥因具有占地少、受周边交通干扰小等优点,对缓解城市交通压力起到很大作用,已成为现代交通体系中重要的一环。城市高架桥的桥墩布置不仅要考虑高架桥本身的需求,还需兼顾桥下道路净空以及整体景观需求。当高架桥中心线与桥下道路分隔带中心线不重合,或桥墩布设受河道、地铁、管线等限制时,采用横向偏心桥墩是一种有效的办法。

横向偏心桥墩在国内已有应用案例。李林^[1]在重庆市轻轨工程设计过程中,在轻轨线路跨越较窄道路时采用了大偏心预应力拉杆式倒L形墩,桥墩的最大净偏心距为2.75 m。林曜沧等^[2]对台湾国道1号五股杨梅段拓宽工程泰山收费站至林口段,上、下层均采用大偏心独柱的桥墩进行了设计与静、动力分析,同时对柱内配置的H型钢和预应力钢键作了进一步分析与探讨。刘大庆等^[3]在成都市二环路高架桥成温立交C匝道采用了偏心受力较大的倒L形桥墩,对该桥墩进行了计算分析及结构设计。姚莉^[4]针对南方某沿海城市快速路下行匝道的预应力混凝土偏心桥墩,分析了以现浇连续箱梁作为上部结构部件时该桥墩的受力特点,得到了一些对预应力混凝土偏心桥墩设计有用的分析方法和结论。

1 工程概况

凤凰山高架桥工程全长约7.7 km,是成都市城北片区重要的快速放射线。高架桥在ZX22#~ZX62#桥墩之间1147 m范围内采用双层桥面,上层桥面通行双向2车道的BRT车道,下层桥面通行双向4车道社会车辆,桥墩采用双层桥墩^[5]。

受三环路内侧BRT车辆停保站的影响,ZX49#上层桥墩采用横向偏心墩,偏心距为1.55 m。该桥墩为第16联与第17联的分联墩,上层桥面第16联采用(2×21+22)m跨径的三角异形钢箱梁,第17联采用(30+26)m钢箱梁,上部结构的标准宽度为9.5 m,横断面如图1所示。

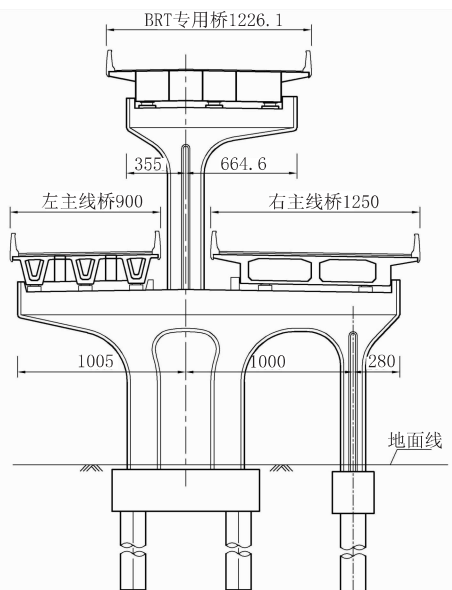


图1 桥梁横断面图(单位:cm)

收稿日期:2020-12-03

作者简介:肖春(1982—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计及技术管理工作。

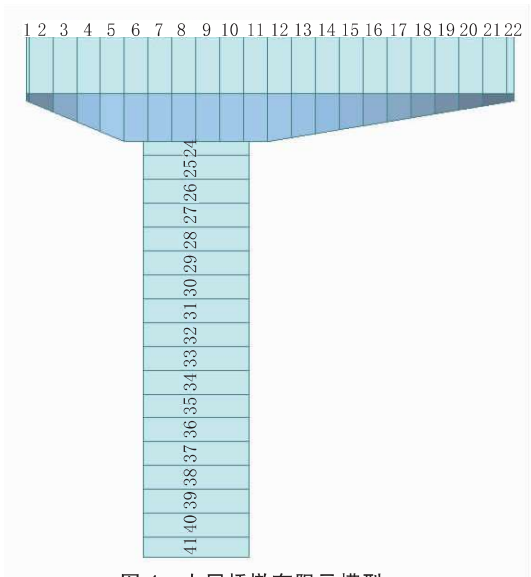


图4 上层桥墩有限元模型

边之间的圆弧倒角将对截面造成削弱,为便于计算,将墩柱截面等效为宽度为 b 、高度为 h 的矩形截面,如图5所示。

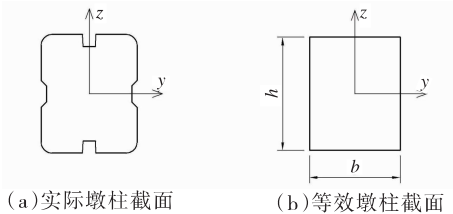


图5 墩柱等效截面示意图

等效矩形截面可采用面积等效或抗弯惯性矩等效^[6-7],据此原则提出如下2种等效方案。

等效方案一:等效截面的面积 A 、横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} 与实际截面相等;

等效方案二:等效截面的横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} 、纵桥向抗弯惯性矩 I_{zz} 与实际截面相等。

实际墩柱截面的面积 $A=3.737\ 7\ \text{m}^2$,横桥向抗弯惯性矩 $I_{yy}=1.451\ 7\ \text{m}^4$,纵桥向抗弯惯性矩 $I_{zz}=0.985\ 1\ \text{m}^4$ 。

根据方案一的等效原则,得到式(1):

$$\begin{cases} b_1h_1=3.737\ 7 \\ \frac{b_1h_1^3}{12}=1.451\ 7 \end{cases} \quad (1)$$

求解可得:

$$b_1=1.731\ 3\ \text{m}, h_1=2.158\ 9\ \text{m}$$

根据方案二的等效原则,得到式(2):

$$\begin{cases} \frac{b_2^3h_2}{12}=0.985\ 17 \\ \frac{b_2h_2^3}{12}=1.451\ 7 \end{cases} \quad (2)$$

求解可得:

$$b_2=1.766\ 5\ \text{m}, h_2=2.144\ 4\ \text{m}$$

根据 b_1 、 h_1 、 b_2 、 h_2 值,可得等效矩形截面的特性值见表1。

表1 墩柱截面特性表

截面	A/m^2	I_{yy}/m^4	I_{zz}/m^4
实际墩柱	3.737 7	1.451 7	0.98 51
等效方案一	特性值	3.737 7	1.451 7
	相对误差	0.0%	0.0%
等效方案二	特性值	3.788 1	1.451 6
	相对误差	1.3%	0.0%

从表1可看出,等效方案一截面的 I_{zz} 相对误差为5.2%,等效方案二截面的 A 值相对误差为1.3%,二者的相对误差均可满足工程的精度要求。考虑到上层桥墩的主要受力方向为横桥向,与面积 A 、横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} 的相关性较大,而与纵桥向抗弯惯性矩 I_{zz} 的相关性较小,故采用等效方案一进行截面等效。

3.1.4 施工步骤

上层桥墩共分为5个施工步骤(见表2)。

表2 上层桥墩施工步骤表

施工阶段	名称	持续时间
施工阶段1	下层桥墩施工完成后,上层墩柱、盖梁施工	15 d
施工阶段2	墩柱预应力张拉并压浆	3 d
施工阶段3	盖梁预应力张拉并压浆	3 d
施工阶段4	上部结构架设、桥面系施工	45 d
施工阶段5	收缩徐变 10 a	3 650 d

3.1.5 计算荷载

(1)结构自重:钢箱梁自重 $\gamma=78.5\ \text{kN/m}^3$,沥青混凝土自重 $\gamma=24\ \text{kN/m}^3$,单侧防撞护栏自重取为 $12.5\ \text{kN/m}$ 。

(2)预加力:预应力张拉控制应力均采用 $0.7f_{pk}=1\ 302\ \text{MPa}$,均采用单端张拉。

(3)汽车荷载:城-A级,按双车道加载。

(4)收缩徐变:按规范^[8]的规定取值,环境年平均相对湿度取80%。

(5)体系温度作用:整体升温 20°C ,整体降温 -20°C 。

3.2 上层桥墩验算结果

3.2.1 盖梁正截面抗弯验算

持久状况承载能力极限状态下,上层盖梁为受弯构件,其最大弯矩值为 $19\ 527.3\ \text{kN}\cdot\text{m}$,小于其对应的弯矩抗力值 $27\ 543.8\ \text{kN}\cdot\text{m}$,满足规范^[8]第5.2.2条要求。

3.2.2 墩柱正截面抗压验算

持久状况承载能力极限状态下,上层墩柱为大

偏心受压构件,其最大轴力设计值为 9 014.8 kN,小于其对应的轴力抗力值 12 694.2 kN,满足规范^[8]第 5.3.5 条要求。

3.2.3 使用阶段抗裂验算

上层墩柱在正常使用极限状态短期、长期组合下,截面上、下缘的最小正应力见表 3,均满足规范^[8]要求。

表 3 上层桥墩盖梁、墩柱正截面抗裂验算表

部位	最小正应力	作用短期组合 /MPa		作用长期组合 /MPa	
		作用值	容许值	作用值	容许值
盖梁	上缘	-0.60	-1.86	0.06	0.0
	下缘	0.01	-1.86	0.01	0.0
墩柱	上缘	7.07	-1.86	5.68	0.0
	下缘	-0.34	-1.86	0.79	0.0

作用短期组合下,盖梁截面的最大主拉应力为 -0.6 MPa,墩柱截面的最大主拉应力为 -0.54 MPa,均小于容许值 $0.5f_{tk}=-1.33$ MPa,均满足规范^[8]第 6.3.1 条要求。

3.2.4 其他验算结果

盖梁、墩柱截面的抗剪承载力、使用阶段正截面及斜截面的压应力、使用阶段钢束应力、施工阶段各截面应力、盖梁挠度等均满足规范^[8]要求,此处不一列出。

4 结 语

本文介绍了凤凰山高架桥 ZX49# 偏心桥墩的设计及计算分析,得到以下主要结论:

(1)城市桥梁受周边条件限制往往结构复杂,采用预应力偏心桥墩是一种可行的解决方案。

(2)上层桥墩墩柱为异形截面,通过对面积 A + 横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} 、横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} + 纵桥向抗弯惯性矩 I_{zz} 等 2 种等效矩形截面进行比选,发现二者均可满足工程的精度要求。考虑到上层桥墩主要受力方向为横桥向,与纵桥向抗弯惯性矩 I_{zz} 的相关性较小,故采用面积 A + 横桥向抗弯惯性矩 I_{yy} 等效的方式来确定等效矩形截面。

(3)本桥墩的实施过程十分顺利,上层墩柱预

应力施工如图 6 所示。目前凤凰山高架桥已通车运营 2 年有余,ZX49# 桥墩的整体状况良好,上层桥墩的运营照片如图 7 所示。示本偏心桥墩的设计经验可为今后类似的结构设计提供参考。



图 6 上层墩柱预应力定位



图 7 上层桥墩运营照片

参考文献:

- [1] 李林.重庆跨座式单轨交通高架轨道梁桥设计[J].城市轨道交通研究,2003(06):88-92.
- [2] 林曜沧,陈光辉,王泓文,等.大偏心单柱双层高架桥之设计—国道 1 号五股杨梅段拓宽工程 903 标[J].中华技术,2011(1):106-116.
- [3] 刘大庆,罗春晖,钱立.二环路成温立交 C 匝道倒 L 形桥墩设计[C]//成都市“两快两射”快速路系统工程论文专辑.成都:成都市市政工程协会,2014:22-25.
- [4] 姚莉.现浇连续箱梁桥下部结构中的预应力混凝土偏心墩特点分析及承载力计算[J].城市道桥与防洪,2015(11):73-76.
- [5] 凤凰山高架桥和凤凰山路、双沙路、双瑞二路工程(K0+000 至 K2+230 段)施工图设计[Z].中国市政工程西北设计研究院有限公司,2014.
- [6] 张树仁,郑绍珪,黄侨等.钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [7] 王宗林,杨大伟,刘宇.钢筋混凝土构件任意截面的承载力计算[J].哈尔滨工业大学学报,2007(4):549-551.
- [8] JTG D62—2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].