

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.09.041

地铁高架区间异型桥墩设计

杨 林¹, 饶浩森²

(1.中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610; 2.广州市城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060)

摘 要: 介绍常见的异型桥墩形式,选取结构改造和受力较为复杂的弹弓型桥墩进行设计,提出该类桥墩的设计方法和注意事项。以深圳地铁 6 号线异型桥墩为研究背景,采用 MIDAS CIVIL 和 FEA 对其进行梁单元及实体单元分析,提出普通钢筋配置的参考方案,特别关注上层桥梁的联动位移和各交接点处的应力集中,对类似工程具有指导意义。

关键词: 异型桥墩;联动位移;实体分析

中图分类号: U443.22 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)09-0176-04

0 引 言

随着城市的快速发展,土地资源日趋紧张,同时为了避开城市地下复杂的管线及现有构筑物,城市立交、高架桥的下部结构出现了很多异型桥墩,主要包括 Y 型墩、V 型墩、X 型墩^[1-3]和弹弓型墩。

(1)Y 型墩是独柱墩的一种,其底面采用圆端形或矩形截面形式,上部柱墩采用分叉的 Y 形式。Y 型墩占用桥下空间小,受力性能良好,抗倾覆能力好。Y 型墩运用在渝遂高速公路黄木沟高架桥。

(2)V 型墩是指下部由基础顶面直接分叉的桥墩,根据分叉方向分为横向 V 型墩和纵向 V 型墩,横向 V 型墩和 Y 型墩类似,纵向 V 型墩常与主梁固结,应用在很多连续刚构桥梁中。

(3)X 型墩是指底部与上部分叉,在中间相交的桥墩形式,常用在跨河桥,桥下的空间小,有助于水流的通行,其受力特性和 Y 型墩相似,运用在较多桥梁上。

(4)弹弓型墩是指在 Y 型墩盖梁上设置上层墩柱及盖梁,支撑上层桥梁,桥墩整体外形呈弹弓形,在不增加占地的情况下解决立交桥梁的支撑问题。深圳地铁 6 号线出入段线部分桥墩采用了弹弓型墩。

本文选取比较典型且结构复杂的弹弓型墩进行设计研究。

1 基本构造

桥墩由下部墩柱、下部盖梁、上部墩柱和上部盖梁组成。墩柱、盖梁及支承垫石均采用 C50 混凝土,桥墩构造如图 1 所示。

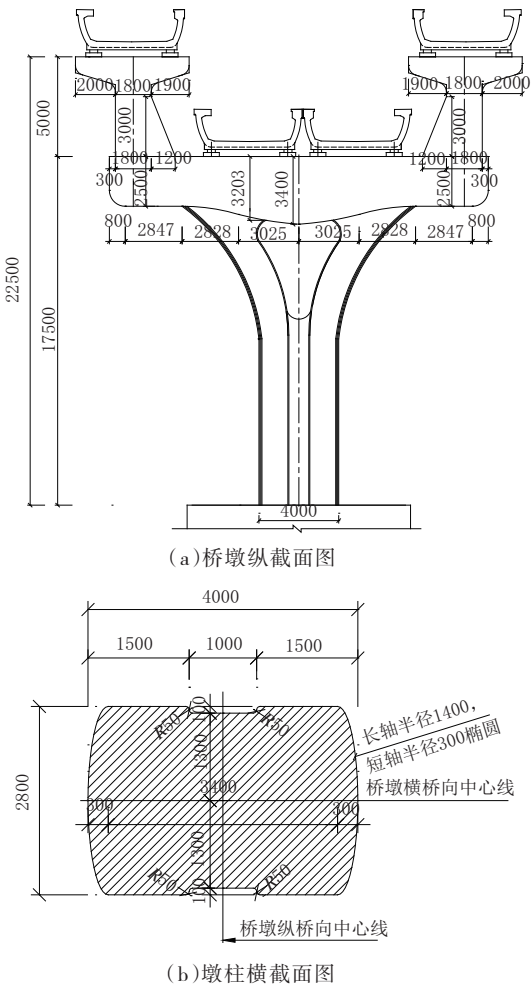


图 1 桥墩构造图(单位:mm)

收稿日期: 2022-10-28
作者简介: 杨林(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁设计工作。

墩柱采用圆端形矩形截面,横桥向 4.0 m,纵桥向 2.8 m;盖梁采用变高度矩形截面,宽 3.0 m,高 2.5~3.4 m;立柱采用矩形截面,横桥向 1.8 m,纵桥向 2.4 m,立柱底端内侧增加 1.2 m 的倒角;墩帽横桥向宽 5.7 m,纵桥向与立柱同宽。横向共四条线路,下部横梁上布置两条主线,上部横梁上左右各布置一条出入段线。活载为采用地铁 A 型车,车辆满载荷载按轴重 160 kN。

2 设计要点

相对于常规桥墩,弹弓型墩的上层桥墩为开口结构,变形较大,铁路桥梁对结构刚度要求高,需要

对桥墩的刚度及变形引起的主梁相对转角进行控制;桥墩构件交点较多,应力集中点较多,需要进行实体分析判断局部应力是否超限;下盖梁同时承受下层主梁荷载和上层桥墩、主梁荷载,受力复杂,需重点计算分析,加强构造设计。

3 刚度计算

3.1 纵向线刚度

为了增大桥墩刚度,在净空受限、上部不能做系梁的情况下,在上墩柱下部增设倒角,增加上墩柱与下盖梁的连接,从而增加整墩刚度。纵向线刚度计算详见表 1。

表 1 纵向线刚度计算结果

截面信息				串联弹簧的总刚度			
截面宽 b/m	截面高 h/m	墩高 H/m	承台厚 H_0/m	墩身刚度 K_1 $/(\text{kN}\cdot\text{cm}^{-1})$	基础刚度 K_2 $/(\text{kN}\cdot\text{cm}^{-1})$	基础刚度 K_3 $/(\text{kN}\cdot\text{cm}^{-1})$	总刚度 K $/(\text{kN}\cdot\text{cm}^{-1})$
4	2.8	22.5	3	575	21 420	1 713	422

满足最小限值 360 kN/cm 的限值。

最大相对转角为 0.35‰,满足规范要求。

3.2 联动位移

由于此桥墩上部为开口结构,相对比较柔弱,不仅要纵向线刚度进行控制,对相邻桥墩的联动位移刚度也要控制,考虑三种相对位移最大的活载布置情况,计算相邻桥墩的联动位移^[4],从而得出相对转角(见表 2)。

表 2 横向刚度计算结果

联动位移情况一				
墩号	主+附(max) 横向位移/mm	主+附(min) 横向位移/mm	水平折角 (max)	水平折角 (min)
桥墩 1	19.23	-23.52	0.06‰	0.104‰
桥墩 2	20.71	-26.26		
桥墩 3	19.97	-25.36		
联动位移情况二				
墩号	主+附(max) 横向位移/mm	主+附(min) 横向位移/mm	水平折角 (max)	水平折角 (min)
桥墩 1	16.41	-20.1	0.106‰	0.155‰
桥墩 2	20	-25.39		
桥墩 3	19.88	-25.25		
联动位移情况三				
墩号	主+附(max) 横向位移/mm	主+附(min) 横向位移/mm	水平折角 (max)	水平折角 (min)
桥墩 1	11.28	-13.87	0.260‰	0.350‰
桥墩 2	16.24	-20.83		
桥墩 3	20.55	-26.07		

4 实体分析

由于桥墩构造复杂,杆系单元不能完全体现细部受力特征,故需建立整墩实体模型进行分析,并按实际荷载情况进行加载,重点关注下部墩柱与下部横梁交接处、下部横梁与上部墩柱交接处及上部墩柱与上部盖梁交接处的应力。

4.1 主力组合分析结果

主力组合作用下桥墩主要交接点处的正应力和主应力结果如图 2~图 5 所示。

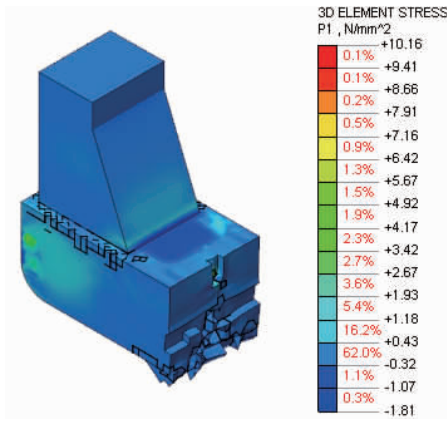


图 2 立柱与横梁交接处主拉应力图(单位:MPa)

主力组合工况下,横向正应力最大值出现在立柱与盖梁交接处,可达到 -8 MPa,立柱与墩柱出现拉应力,最大为 1.4 MPa。纵向正应力比较小,大部分区域应力值在 -0.9~1.2 MPa。竖向正应力在大部分区域为负值,盖梁中部以及端部出现拉应力。大部分



图3 墩柱与横梁交接处主拉应力图(单位:MPa)

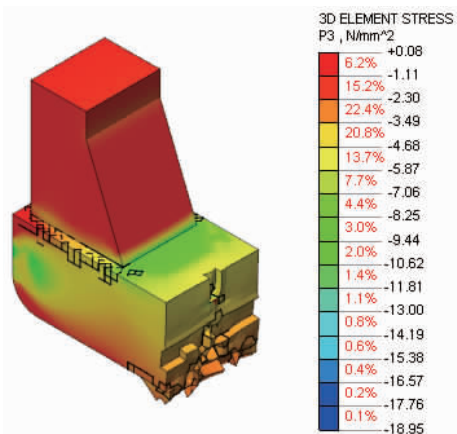


图4 立柱与横梁交接处主压应力图(单位:MPa)

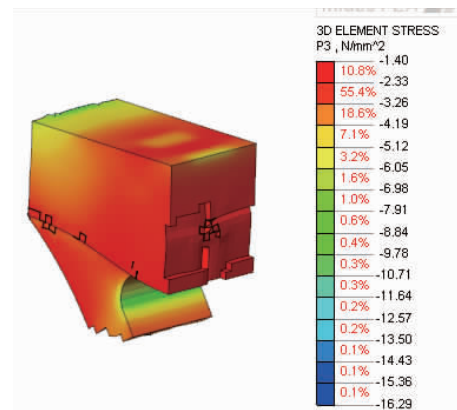


图5 墩柱与横梁交接处主压应力图(单位:MPa)

区域主拉应力值在 $-1.1 \sim 1.9$ MPa, 盖梁端部主拉应力超过 3 MPa。最大的主压应力有 -10.6 MPa, 出现在盖梁端部。

4.2 主力 + 附加力组合分析结果

主力 + 附加力组合作用下桥墩主要交接点处的正应力和主应力结果如图 6~ 图 9 所示。

主力 + 附加力组合工况下, 横向正应力最大值出现在立柱与盖梁交接处, 可达到 -9.8 MPa, 立柱与墩柱出现拉应力, 最大为 1.6 MPa。纵向正应力比较小, 大部分区域应力值在 $-3.1 \sim 1.4$ MPa。竖向正应力在大部分区域为负值, 盖梁中部以及端部出现拉应力, 可达到 1.8 MPa。大部分区域主拉应力值在

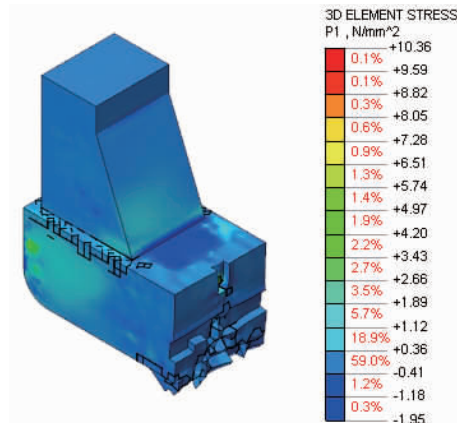


图6 立柱与横梁交接处主拉应力图(单位:MPa)

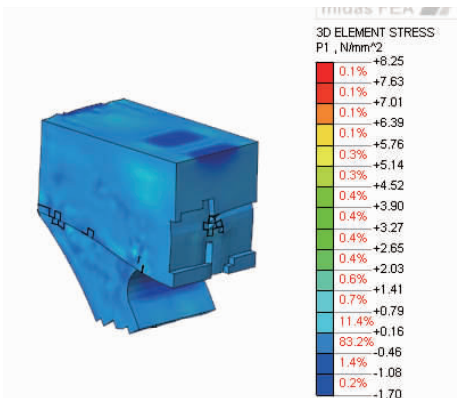


图7 墩柱与横梁交接处主拉应力图(单位:MPa)

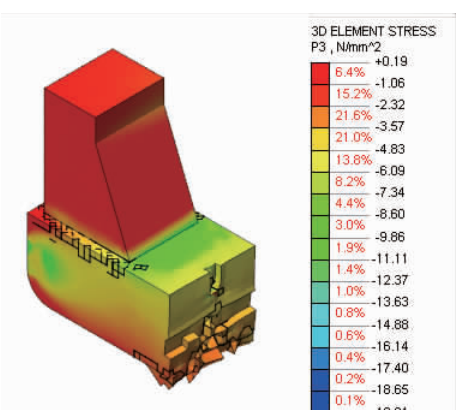


图8 立柱与横梁交接处主压应力图(单位:MPa)

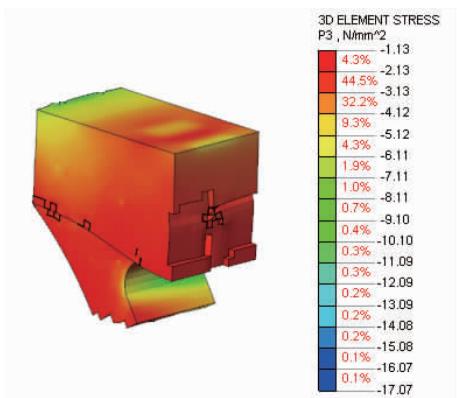


图9 墩柱与横梁交接处主压应力图(单位:MPa)

$-0.9 \sim 2.8$ MPa, 盖梁端部主拉应力超过 3 MPa。最大的主压应力有 -12.1 MPa, 出现在盖梁端部。

通过实体分析可知,盖梁端部主拉应力较大,故在盖梁端部增加斜向加强筋,与上下层主筋焊接在一起,如图10所示。

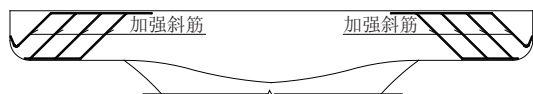


图10 下层盖梁端部加强斜筋

5 结 语

本文选取地铁高架区间弹弓型墩进行设计,对上下墩柱、上下盖梁进行设计分析,并对整墩进行实体分析,结论如下:

(1)桥墩上部为开口结构,不仅要关注单墩纵向线刚度,还要关注相邻桥墩之间的由于相对位移产生的转角。在上部净空受限无法做系梁的情况下,在

上墩柱下部增设倒角,增加上下部结构的连接是有效的。

(2)上墩柱与下盖梁之间的钢筋需相互交叠,并满足锚固长度,以形成完整的受力体系。

(3)由实体分析可得出,局部倒角及盖梁端部存在应力集中,需针对性地加强普通钢筋配置,防止产生裂缝。

参考文献:

- [1] 李伟.Y型桥墩动力荷载下的受力性能研究[D].安徽:安徽建筑大学,2014.
- [2] 马晓刚.某城市桥下有平行下穿地铁隧道的桥墩设计[J].城市道桥与防洪,2011(8):173-176.
- [3] 舒亮.高速铁路简支梁桥墩顶纵向刚度差研究[J].湖南交通科技,2019,45(1):133-137.
- [4] TB 10002—2017,铁路桥涵设计规范[S].

(上接第175页)

- [4] 过震文,黄少文,邵长宇.预制拼装技术在上海长江大桥中的应用[J].世界桥梁,2009(a01):22-26.
- [5] 万绍平.预制桥墩湿接头的施工技术要点[J].城市道桥与防洪,2009(11):72-75.
- [6] 葛继平.节段拼装桥墩抗震性能试验研究与理论分析[D].上海:同济大学,2008.
- [7] 刘丰.节段拼装预应力混凝土桥墩拟静力试验和分析研究[D].上海:同济大学,2008.
- [8] 赵宁.预制节段拼装空心混凝土桥墩拟静力试验和分分析研究[D].上海:同济大学,2009.
- [9] 王媛媛.节段拼装预应力混凝土桥梁抗震数值分析模型研究[D].上海:同济大学,2010.
- [10] 王军文,张伟光,李建中.预应力混凝土空心墩拟静力试验与数值分析[J].桥梁建设,2015,45(3):63-69.
- [11] 包龙生,张远宝,桑中伟,等.波纹管连接装配式桥墩抗震性能拟静力试验与数值模拟[J].中国公路学报,2018,31(12):242-249.
- [12] 邵淑营.灌浆波纹管连接装配式桥墩抗震性能研究[D].福州:福州大学,2018.
- [13] 盛洪飞.桥梁墩台与基础工程[M].北京:人民交通出版社,2014:70-73.