

基于桥下空间优化的人行天桥设计

袁博, 何帆, 杜建成

(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519000)

摘要: 随着经济和社会的发展,国民对人行天桥的景观、舒适性等要求越来越高。以珠海市一中东门人行天桥为工程背景,介绍一种将天桥主桥边墩与电梯结构“合二为一”,从而优化桥下空间的人行天桥设计方法。采用MIDAS、ABAQUS有限元软件对结构进行计算分析,计算结果表明:天桥应力验算、挠度验算、舒适性验算及承受偏心荷载的电梯墩局部验算均满足设计规范要求,说明结构设计安全、可靠、合理。该桥基于桥下空间优化的设计方法可为类似人行天桥的设计提供一定的参考价值。

关键词: 人行天桥;空间优化;有限元

中图分类号: U448.11

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0085-03

0 引言

我国新建人行天桥始于1980年10月,即广州人民南路天桥,人行天桥作为城市交通中的重要一环,发展速度很快,截至到1986年底,全国已建成三十多座,直到如今,人行天桥的数量已经数不胜数^[1]。

随着国民经济的发展,大众审美水平不断上升,人行天桥的建设不单单满足于功能性要求,越来越多地注重景观、舒适性等要求^[2],其中桥下空间就是使用人群较为关注的一点。若天桥桥下设置墩柱较多,则会压缩行人空间,降低行人来往及过街的舒适度,因此,合理地优化桥下空间是人行天桥设计过程中应该考虑的问题。

1 工程概况

如图1所示,珠海市一中东门人行天桥(以下简称“一中天桥”)位于市一中东门南侧,跨越现状健民路,连接市一中与香山湖公园。天桥为钢箱梁结构,主桥总长度为54.8 m,桥梁宽4.3 m,桥下机动车道净高不小于4.5 m;梯道宽4.3 m,为折线形,梯道下净高不小于2.5 m,按坡比1:3布置,分别设踏步和坡道;道路两侧各设一部垂直电梯,作为无障碍设施^[3]。

2 方案设计

城市桥梁作为体量巨大的人工构筑物,非独立存在于环境中,总是伴随着所处地点的自然景观和



图1 一中天桥效果图

其他人工构筑物一起映入眼帘,桥梁被组合进入环境景观中,融合在该桥所处环境景观的总体美中。

一中天桥位于香山湖公园西侧,所处位置较为开阔,因此前期方案倾向于桥型简单的梁桥,桥梁上部结构采用倒T型的钢箱梁截面,通过倒T型的主梁截面和梯道截面、折线梯道等突出结构的线条美,与周围开阔的景观相契合。

常规钢箱梁人行天桥会设置中墩、边墩,梯道休息平台位置会设置梯道墩,另外电梯还会设置专门的结构柱、幕墙等,若一中天桥采用常规下部结构方案,如图2(a)、(b)所示,桥下由于墩柱多且距离近,桥下空间显得很狭窄、拥挤,视觉效果不理想。为了优化桥下空间,使行人感官及使用体验更舒适,并与上部结构简洁大方的特点相匹配,对桥梁下部结构进行优化,如图2(c)、(d)所示:

(1)主桥边墩与电梯结构“合二为一”,边墩位置设置两道偏心的V型钢结构桥墩,电梯结构柱位于两道钢结构桥墩之间,外包幕墙,形成一体,大大减少了结构柱对人行空间的占用;

(2)梯道截面为非对称的倒T型截面,梯道位置

收稿日期: 2021-09-17

作者简介: 袁博(1995—),男,硕士,助理工程师,从事桥梁工程设计工作。

仅设置一处 V 型钢结构桥墩即可满足梯道支承要求,保证了梯道下方行人通过的舒适性。



图2 一中天桥下部结构效果图

3 结构设计

3.1 主桥上部结构设计

如图3所示,该桥上部结构为“上宽下窄”梯形闭合钢箱梁(对称截面),梁高1 m,宽4.3 m,采用单箱三室断面。钢箱梁顶板厚18 mm,底板厚18 mm,纵桥向采用板式加劲肋。横隔板间距为3 m,横隔板在中室设直径50 cm检修圆孔。钢箱梁宽度较小,运输时可仅在纵向分段,运输安装方便。

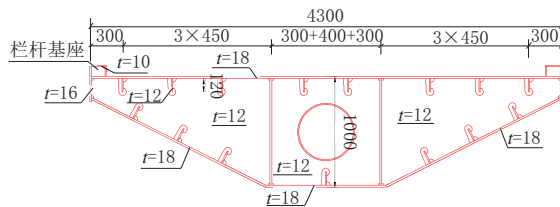


图3 主桥钢箱梁标准断面(单位:mm)

3.2 主桥下部结构设计

主桥中间桥墩采用柱式结构,墩梁固结,墩柱采用直径1 m,壁厚30 mm 钢管柱、内灌微膨胀混凝土柱式墩;桥墩下设矩形承台,承台平面最大尺寸为4.5 m×2 m,厚度1.5 m,承台下设2根直径1 m的钻孔灌注桩基础。主桥边墩与电梯井共用基础结构,桥墩下部均采用承台接钻孔灌注桩的基础形式,承台厚2 m,桩径1 m。

3.3 梯道设计

梯道宽4.3 m,为折线形,桥下净高不小于2.5 m,按坡比1:3布置,分别设踏步和坡道,其宽度布置为:0.15 m(栏杆)+0.55 m(推车道)+2.9 m(踏步)+0.55 m(推车道)+0.15 m(栏杆)=4.3 m;每侧道路设一部垂直电梯。

梯道梁采用上宽下窄梯形闭合钢箱梁(非对称截面),梁高1.0 m,与主桥主梁高度一致。

梯道墩柱为钢管柱结构,墩为变截面 Y 型墩,壁

厚30 mm 钢管柱、内灌微膨胀混凝土;下设三角形承台,承台边长3 m,角隅处设半径为1 m的圆弧倒角,厚度1.5 m;台下设3根直径1 m的钻孔灌注桩基础。

3.4 附属工程设计

(1)栏杆:栏杆采用不锈钢搭配钢化玻璃,其中主桥栏杆为弧形,弧度与碗形主梁相匹配。

(2)桥面铺装:主桥铺装结构为:9.5 cm C40 防水混凝土现浇层+0.5 cm 陶瓷颗粒铺装;梯道铺装结构为:10 cm C40 防水混凝土现浇层+0.5 cm 陶瓷颗粒铺装。

(3)桥面排水:桥面设置1.0%横坡及1.03%纵坡,桥面收集雨水后排入两侧排水沟,雨水沿着纵坡排向桥墩处,并通过排水管下桥,接入市政排水系统。

(4)垂直电梯:净尺寸约1.6 m×1.6 m,载重量约1 050 kg(14人)。

4 结构计算分析

4.1 整体计算分析

运用有限元软件 MIDAS/CIVIL 建立一中天桥结构分析模型(见图4),钢箱梁及墩柱结构均采用梁单元模拟,模型中单元数共计247个、节点数共计261个。

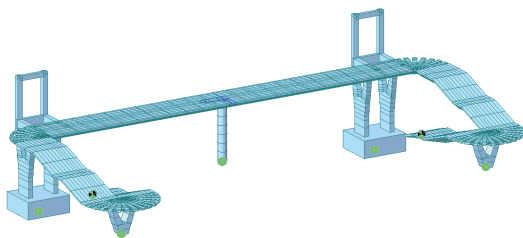


图4 一中天桥 MIDAS/CIVIL 分析模型

荷载作用主要考虑(1)恒载:主要包括钢梁自重、二期铺装、护栏及附属结构重量,由程序自动计算,结合设计重量添加。(2)活载:根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》(CJJ 69—1995)规范要求,天桥人群荷载取5 kN/m²。(3)温度荷载:根据珠海市气候环境,整体升温均按30℃计算。(4)梁截面温度:温度梯度计算按照《BS EN 1991-1-5—2003》中6.1.4.2中规定取值计算。(5)不均匀沉降:按5 mm计算。(6)风荷载:按照《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-01—2018)规范要求取值,其中主梁横向风荷载取3.1 kN/m。计算模型中材料特性参数见表1。

计算结果如下:

(1)应力验算:根据 MIDAS 模型计算结果,提取基本组合作用下天桥结构组合应力包络图,由图5可知,天桥结构最大拉应力为174.2 MPa,最大压应

表 1 材料特性参数表		
材料特性	Q355C 钢	C35 混凝土
密度 /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	7.85	2.55
弹性模量 /MPa	2.06×10^5	3.15×10^4
屈服强度 /MPa	355	23.4
泊松比	0.3	0.22
线膨胀系数	1.2×10^{-5}	1.0×10^{-5}

力为 196.6 MPa,结构应力验算满足规范要求。

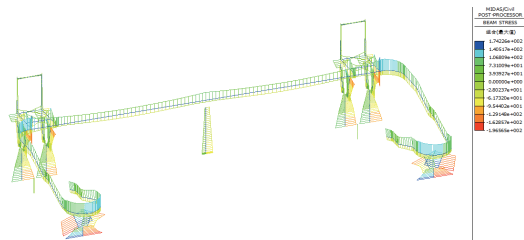


图 5 MIDAS 组合应力包络图(单位:MPa)

(2)挠度验算:如图 6 所示,根据计算,结合《城市人行天桥与人行地道技术规范》(CJJ 69—95),人群荷载挠度为 2.86 mm<21 200/600=35.3 mm,结构挠度验算满足规范要求。

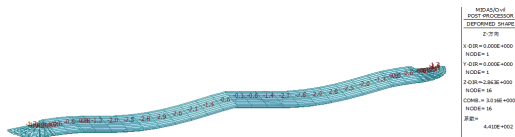


图 6 人群荷载挠度图(单位:mm)

(3)舒适性验算:结合《城市人行天桥与人行地道技术规范》(CJJ 69—95)第 2.5.4 规定,天桥上部结构竖向自振频率不应小于 3 Hz,根据计算结果,天桥基频为 6.18 Hz>3 Hz,结构舒适度验算满足规范要求^[4,5]。

4.2 局部计算分析

为保证计算可靠性,选取一中侧电梯墩作为研究对象,采用通用有限元软件 ABAQUS 建立精细化模型。选用壳单元模拟钢结构,单元类型为 S4R,钢材的本构关系为理想弹塑性模型,在电梯墩底施加固结约束,局部模型的有限元离散图如图 7 所示。

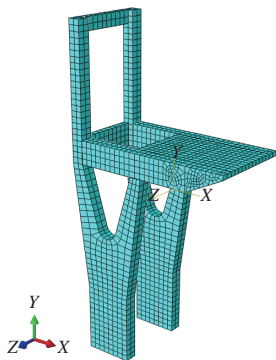


图 7 电梯墩有限元离散图

从 MIDAS 模型中提取最不利工况荷载,施加于 ABAQUS 局部模型中,计算结果如图 8、图 9 所示,可以看出,两种软件计算后结构应力峰值及应力分布情况均较为相近,计算结果可靠。

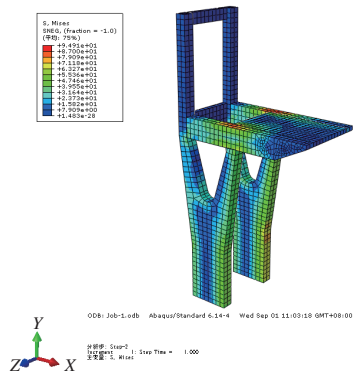


图 8 ABAQUS 模型 Mises 应力计算结果(单位:MPa)

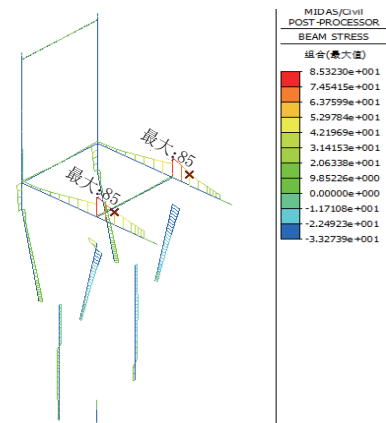


图 9 MIDAS 模型组合应力计算结果(单位:MPa)

6 结 语

采用 MIDAS、ABAQUS 有限元软件分别建立整体钢箱梁天桥有限元模型和电梯墩局部有限元模型,计算结果表明:天桥应力验算、挠度验算、舒适性验算及承受偏心荷载的电梯墩局部验算均满足设计规范要求,不仅说明结构设计安全、可靠,而且说明将天桥主桥边墩与电梯结构“合二为一”,从而优化桥下空间的人行天桥设计方法是合理的,该设计方法可为类似人行天桥的设计提供一定的参考价值。

参考文献:

[1] 管学敏.人行天桥的设计与施工[C]//天津市市政(公路)工程研究院院庆五十五周年论文选集(1950~2005)上册.天津:天津市土木工程学会,2005:5.

[2] 李宁.广州市东风路装配式人行天桥的景观设计[J].广东园林,2021,43(2):63-66.

[3] 赵立志,康佳,和鹏,等.北京人行天桥无障碍设施浅析[J].北京规划建设,2012(3):117-120.

[4] 刘钰杰,王文雅,宁广为,等.城阳区第二实验小学人行天桥设计[J].城市道桥与防洪,2021(5):108-110,16.

[5] 翟志雄,刘勇,卫超.永安广场天桥上部结构验算及舒适度分析[J].城市道桥与防洪,2020(12):78-80,14.