

# 某拟增加荷载人行天桥承载能力验算实例分析

谭科

(重庆市市政设计研究院有限公司, 重庆 400020)

**摘要** 人行天桥在城市交通中扮演着非常重要的角色, 其结构的运营安全也不可轻视。本文针对一座拟在桥面两侧加装 LDE 电子显示屏的人行天桥, 对其上部结构进行荷载组合作用下的承载能力验算分析, 通过其结构强度、刚度及基频验算结果判断人行天桥是否满足规范要求, 同时针对验算结果提出针对性建议, 确保人行天桥的运营安全。

**关键词** 天桥; 承载能力; 验算; 结构强度; 刚度

中图分类号: U446

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)02-0100-03

城市人行天桥的设计初衷只是为了分流城市交通, 满足行人过街需求, 近年来由于城市建设的不断发展, 城市人行天桥也被赋予更多诸如城市景观、信息平台等更多更丰富的社会功能。人行天桥通过将行人和车辆在空间上完全分离, 将地面道路让给机动车, 而行人通过天桥从上部跨越, 与机动车之间互不干扰。<sup>[1]</sup>由于早期人行天桥设计时并未考虑丰富的社会功能, 因此对诸类拟增加荷载的人行天桥进行承载能力验算, 保证人行天桥安全稳定运营是非常有必要的。

## 1 工程概况

桥梁全长 52.6m, 净宽 4.0m, 桥梁总宽 5.0m, 横向布置为: 0.1m(栏杆)+4.0m(人行道)+0.1m(栏杆)+0.8m(装饰景观), 天桥栏杆采用玻璃不锈钢栏杆, 天桥、梯道底部及两侧均采用铝塑板外装饰。上部结构为两跨(28.57+20.7)m 连续钢箱梁结构形式, 梁高 1.0m, 箱梁除中横隔板、纵向加劲肋采用 Q235B 钢外, 其余均采用 Q345B 钢。天桥顺桥向在跨中设置 30cm 预拱, 坡度约 1%, 并以抛物线方式分配。梯道由钢箱梯道梁和钢筋混凝土梯踏步构成, 钢筋混凝土梯道净宽 2.6m。下部结构桥墩采用矩形渐变式钢筋混凝土桩式桥墩, 成花瓶形状, 桥墩桩基直径为 1.2m, 梯道墩桩基直径为 1.2m。设计抗震烈度为 7 度构造设防, 设计使用年限为 50 年, 桥面设计人群荷载为 3.5kN/m<sup>2</sup>。

桥梁立面布置图及跨中截面横断面图如图 1、图 2 所示。

## 2 拟增加荷载情况

本项目拟在人行天桥的两侧增加壁挂显示屏, 新增荷载主要由密封箱体、单元板、电源、钢结构及其他辅材组成, 显示屏尺寸为: 46.08m×0.96m, 其中密封箱体每平方米重 19kg, 单元板每平方米重 7.8kg, 电源每平方米重 1.8 kg, 钢结构每平方米重 40 kg, 其他

辅材每平方米重 0.5 kg, 各部分重量详细表如表 1。

壁挂屏面积:  $46.08\text{m} \times 0.96\text{m} = 44.24\text{m}^2$

主梁拟增加悬挂重量: 两侧拟增加悬挂重量均为  $46.08\text{m} \times 0.96\text{m} \times 69.1\text{kg}/\text{m}^2 = 3057\text{kg}$ , 主梁总拟增加悬挂重量为  $2 \times 3057\text{kg} = 6114\text{kg}$ 。

综上所述, 本次施工主梁单侧拟增加荷载值为 0.663 kN/m, 主梁总拟增加荷载值为 1.326kN/m。

## 3 验算过程

本桥为 2 跨连续钢箱梁, 桥跨布置为 28.57m+20.7m 连续钢箱梁桥, 桥梁上部结构采用了桥梁结构分析软件 Midas Civil2021 建立了桥梁的有限元模型, 上部结构构造及边界条件均根据竣工图结合施工图进行建模, 模型分析划分为 105 个节点、104 个单元, 其中 3#、61#、103# 节点为桥梁支承截面位置, 设置有限元模型的边界条件。桥梁有限元分析模型如图 3 所示。

荷载效应组合按照设计规范《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)<sup>[2]</sup>第 4.1.5 节要求进行效应组合。本次桥梁结构检算分析荷载组合为: 1.2(自重+二期+增加线荷载)+1.4 人群荷载+0.75×1.4 温度荷载。

本次验算考虑了材料在荷载作用下处于小变形和线弹性阶段及各种荷载作用下复核线性叠加原理的假定。<sup>[3]</sup>根据桥梁结构受力特点, 主要对该桥桥结构强度、刚度及基频进行验算分析。

### 3.1 内力计算

桥梁在设计荷载及拟增加荷载(1.326kN/m)共同作用下, 空间直线梁模型的内力计算结果为标准组合作用下主梁跨中最大弯矩为 3777.9kN·m, 墩顶最小为 -4327.8 kN·m; 主梁跨中最大剪力为 921.9kN, 最小为 -766.7 kN。

### 3.2 结构强度验算

在标准组合下, 空间直线梁模型的应力计算结果

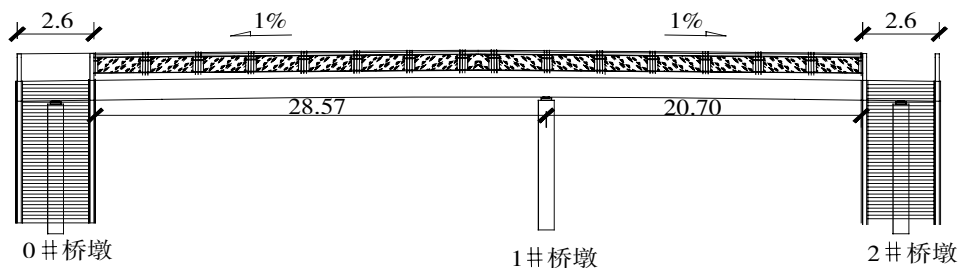


图 1 人行天桥立面布置图 (单位: m)

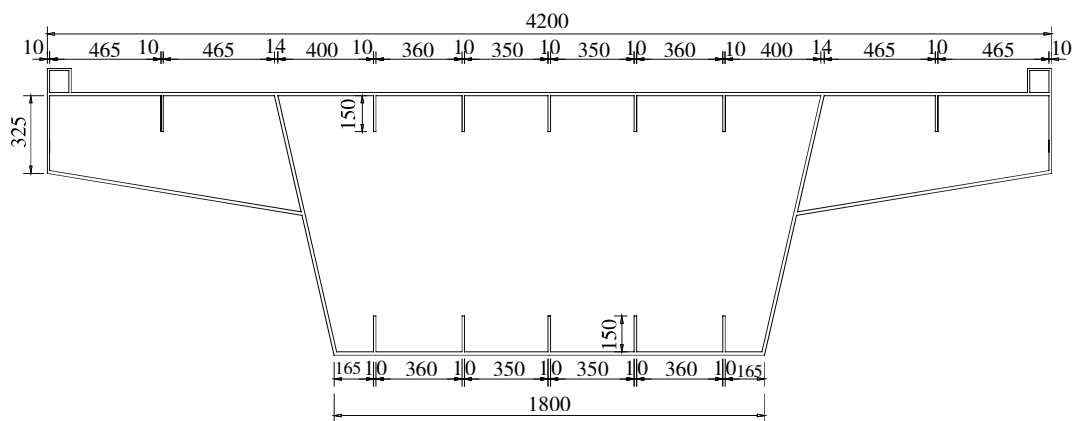


图 2 跨中截面横断面图 (单位: mm)

表 1 重量详细表

产品	kg/m <sup>2</sup>
密封箱体	19
单元板	7.8
电源	1.8
钢结构	40
其它辅材	0.5
合计: 69.1kg/m <sup>2</sup>	

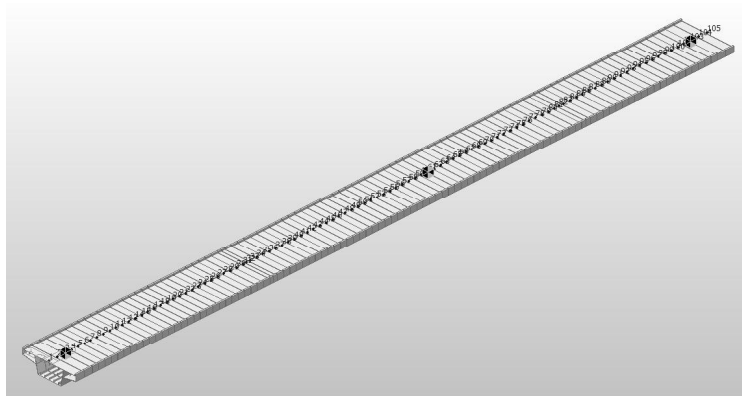


图 3 主梁有限元分析模型

表2 控制截面折算应力验算(单位: Mpa)

计算截面	ZD		KZ	
	压/拉应力	剪应力	压/拉应力	剪应力
最大应力值	-103.5/70.6	4.9	-61.6/90.4	1.13
折算应力	103.9		90.5	
容许应力	341		341	

为主梁跨中截面下缘最大拉应力为 90.4Mpa, 上缘最大压应力为 -61.6Mpa, 最大剪应力为 1.13 Mpa; 主梁支点截面上缘最大拉应力为 70.6Mpa, 下缘最大压应力为 -103.5Mpa, 最大剪应力为 4.9 Mpa。

截面换算应力计算:

根据《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)<sup>[4]</sup> 钢梁的折算应力计算式为  $\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma]$ 。

通过对该桥最大跨(28.57m)支点截面(ZD)以及跨中截面(KZ)截面折算应力进行验算, 验算结果汇总如表 2。

由以上计算可知, 桥梁在设计荷载及拟增加荷载(1.326kN/m)共同作用下最大跨(28.57m)截面最大压应力为 -103.5MPa, 最大拉应力为 90.4MPa, 截面最大剪应力为 4.9MPa; 支点截面折算应力最大值为 103.9MPa, 跨中截面折算应力最大值为 90.5MPa。Q345b 钢的容许弯曲应力为 310MPa, 容许剪应力为 180MPa, 容许折算应力为 341MPa, 故主梁强度满足规范要求。

### 3.3 结构刚度验算

桥梁在拟增加荷载(1.326kN/m)与人群荷载作用下, 主梁计算最大挠度为 19.23mm。

根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》(CJJ 69-1995)<sup>[5]</sup> 第 2.5.2 条“天桥上部结构, 由人群荷载计算产生的最大竖向挠度, 不应超过下列允许值: 梁板式主梁跨中为 L/600; 梁板式主梁悬臂端为 L<sub>1</sub>/300; 桁架、拱为 L/800”。由此可知, 桥梁在拟增加荷载(1.326kN/m)与人群荷载作用下主梁计算最大挠度为 19.23mm, 小于规范容许挠度值 L/600=28570/600=47.62mm。

### 3.4 结构基频验算

桥梁在设计荷载及拟增加荷载(1.326kN/m)共同作用下, 上部结构计算基频为 3.576Hz, 满足《城市人行天桥与人行地道技术规范》(CJJ 69-1995)<sup>[6]</sup> 第 2.5.2 条“为避免共振, 减少行人不安全感, 天桥上部结构竖向自振频率不应小于 3Hz”的要求。

## 4 验算结果

通过对该人行天桥主梁的计算得出如下结论: 该桥上部结构在设计荷载及拟增加荷载(1.326kN/m)共

同作用下, 桥梁结构强度、刚度及基频验算均满足规范要求。

## 5 结论与分析

1. 通过结构验算, 金开大道天来酒店人行天桥上部结构在设计荷载及拟增加荷载(1.326kN/m)共同作用下, 桥梁结构强度、刚度及基频验算均满足规范要求。

2. 安装吊车在吊挂显示屏过程中要避免撞击天桥, 做好桥梁防护工作。

3. 显示屏钢结构与天桥箱体焊接过程中要严格按照相关要求施工, 不能损坏梁体结构, 并保证显示屏焊接牢固。

4. 显示屏钢结构与天桥箱体焊接完成后, 对焊接部位做好防腐措施。

5. 养护单位应严格按照《城市桥梁养护技术标准》(CJJ 99-2017)要求, 加强桥梁日常管养。

## 6 结语

本文通过采用有限元分析软件对一个拟增加荷载的实际桥梁承载能力进行验算, 详细地叙述了钢结构人行天桥拟增加荷载后的验算步骤, 通过实际的验算评判桥梁验算是否满足规范要求, 同时也对验算结果进行了一定程度的分析并提出针对性建议。

## 参考文献:

- [1] 何龙. 城市人行天桥设计研究[J]. 交通世界, 2021(30): 70-71.
- [2] 交通运输部. 公路桥涵设计通用规范(JTG D60-2015)[S]. 2015.
- [3] 赵海艳. 基于 Ansys 有限元软件的钢箱梁人行天桥主梁结构安全验算实例分析[J]. 数字技术与应用, 2018(10): 61-62.
- [4] 住房和城乡建设部, 国家质量监督检验检疫总局. 钢结构设计标准(GB 50017-2017)[S]. 2017.
- [5] 建设部. 城市人行天桥与人行地道技术规范(CJJ 69-1995)[S]. 1996.
- [6] 同 [5].