

立柱、拉杆、斜撑与钢板梁组合异型景观人行桥 方案设计

史松磊, 王 斌, 孙谷雨

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 江苏 南京 210008)

摘 要: 随着物质生活的富足, 人们对美的追求越来越高。传统的以功能为主、兼顾美观的桥梁设计原则逐渐转向功能与美观并重。以浦口公园人行天桥为例, 介绍了立柱、拉杆、斜撑、钢板梁组合异型景观人行桥造型特点、结构组合方式和构件连接细节; 区别于传统桥梁伸缩装置一般设置在桥梁墩台位置, 桥梁伸缩装置设置在桥梁跨中, 受力特点为不传递轴力, 承担剪力、弯矩。

关键词: 立柱; 拉杆; 斜撑; 钢板组合梁; 有限元分析

中图分类号: U448.11

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0144-04

Schematic Design of Special-shaped Landscape Footbridge Composed of Column, Tie Bar, Diagonal Bracing and Steel Plate Beam

SHI Songlei, WANG Bin, SUN Guyu

(China South Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210008, China)

Abstract: With the abundance of material life, the people's pursuit of beauty is getting higher and higher. The traditional bridge design principle that prioritizes functionality while taking aesthetics into account is gradually shifting towards giving equal weight to both functionality and aesthetics. Taking the footbridge of Pukou Park as an example, the modeling characteristics, structural combination mode and component connection details of the special-shaped landscape footbridge composed of columns, tie bars, diagonal bracing and steel plate beams are introduced. Differing from the traditional bridge expansion devices generally set at the bridge pier and abutment positions, the bridge expansion device is set at the mid span of the bridge, and its stress characteristics are not to transmit the axial force, but bear the shear force and bending moment.

Keywords: column; tie bar; diagonal bracing; steel plate composite beam; finite element analysis

0 引言

随着中国改革开放四十多年的发展, 人民物质生活水平有了极大的提高, 物质的积淀, 视野的开阔, 逐步提升了人民对美学的追求。传统的桥梁设计主要以安全、实用、耐久、经济为原则, 并兼顾美观。现今随着经济实力的大跨步提升, 桥梁作为对外展示城市形象的名片之一, 逐渐从原来的以满足功能为主, 演变为地方文化或地方特色元素的载体。主要桥梁项目一般都以地标性建筑为目标, 在保证安全、耐久的基础上, 重点强调美观, 注重与当地历史文化、自然景观、特色元素的融合, 打造当地地标、人气桥梁, 力争成为城市亮丽名片和网红打卡地。

1 工程概况

浦口公园位于浦园路以东, 横江大道以北, 宁港路以南; 未来将紧邻地铁 S8 号延长线及规划地铁 15 号线, 交通十分便利。浦口公园始建于 1951 年, 占地 9.3 hm²。公园整体设施老化, 对周围人群吸引力不足, 难以满足周边群众需要。为了改善城市生态环境, 满足人民群众日益增长的美好生活对城市公园迫切需求, 推动新区可持续发展的需要, 南京市江北新区管理委员会决定开展公园环境综合整治提升项目。为增加公园活动空间, 提升公园空间立体使用效率, 决定增设人行天桥一座。

2 桥梁总体方案

人行天桥平面线形设计遵循“微笑的公园”主题

收稿日期: 2024-04-07

作者简介: 史松磊(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路与桥梁设计工作。

理念,桥梁起于公园西南侧儿童游乐园,跨公园主路,中间段与公园风雨长廊平面重合,终点接公园山丘踏步。桥面平面线形整体呈微笑的嘴角造型(见图1),契合公园主题。新建桥梁平面总长 351.5 m,平面设计中心线共 7 个控制点,其中含 5 处圆曲线。

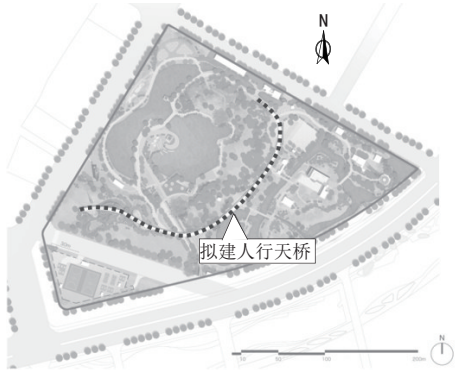


图1 人行天桥线位图

桥梁空间布局分上下两层(见图2、图3),上层桥面为公园游客提供赏景、漫步通道;桥梁与地面间设置 3 m 高活动空间,并设置坐凳,方便游人休闲娱乐。桥梁外侧地面与桥梁平行设置一条宽 2.4 m 地面人行步道,增加公园人行活动空间。桥面与地面人行步道之间通过设置 2 处旋转楼梯连接。



图2 人行天桥鸟瞰效果图

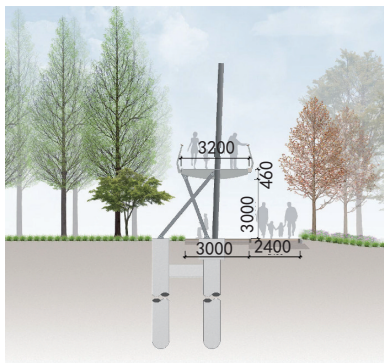


图3 人行天桥横断面图(单位:mm)

3 桥梁结构方案

3.1 桥梁总体布置

全桥共 9 联,第一联、第二联均采用 4 跨一联(见图4),单跨跨径 8 m,每联跨径组合为 $4 \times 8 \text{ m} = 32 \text{ m}$;第

三联采用五跨一联,跨径组合 $8 \text{ m} + 3 \times 10 \text{ m} + 5 \text{ m} = 43 \text{ m}$,第四联至第八联跨采用五块一联(见图5),每联跨径组合为 $5 \text{ m} + 3 \times 10 \text{ m} + 5 \text{ m} = 40 \text{ m}$;第九联采用三跨一联,跨径组合为 $5 \text{ m} + 10 \text{ m} + 8 \text{ m} = 23 \text{ m}$ 。

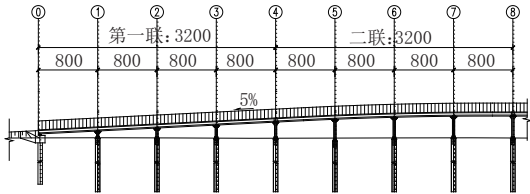


图4 第一~二联桥梁立面图(单位:cm)

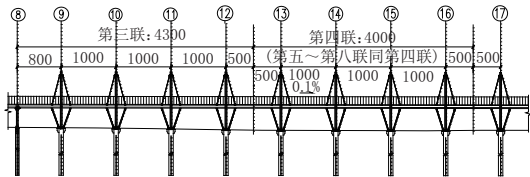


图5 第三~八联桥梁立面图(单位:cm)

3.2 桥梁横断面

第一、二联桥梁横断面净宽 3 m,两侧设置人行护栏,见图6(a);第二、第三联至第九联桥梁横断面净宽 3 m,桥面中心设置立柱、拉杆,与桥面钢梁、桥下斜撑形成组合式桥梁,共同受力,见图6(b)。

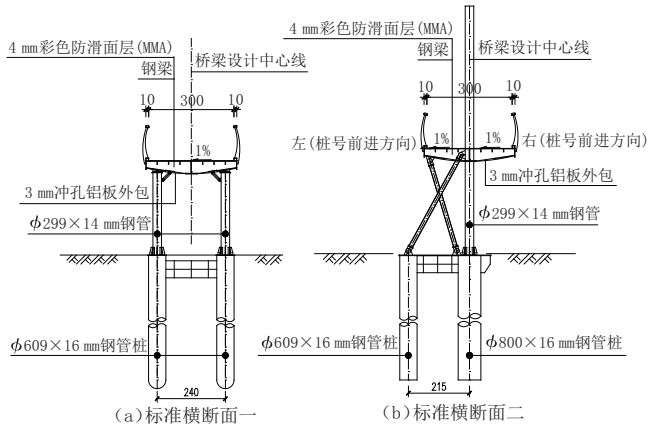


图6 桥梁横断面图(单位:cm)

3.3 桥梁上部结构

第一跨至第九跨单跨跨径 8 m,采用钢板组合梁结构;第十跨至第三十五跨,单跨跨径 10 m,采用立柱、拉杆(杆件一)、斜撑(杆件二~杆件四)与钢板梁组合异型结构^[1]。桥梁上部结构构造见图7。

桥梁立柱采用 D299 mm×14 mm 钢管,桥面以上部分高度 5 m,地面至钢梁底面部分净高大于 3 m,确保桥下行人安全活动空间。

钢板梁总梁高 0.45 m,其中桥面板、主梁、边肋板、底板厚 12 mm,加劲肋、横隔板等其余构件厚 10 mm。

拉杆采用直径 40 mm 等强拉杆,螺纹规格 M45×

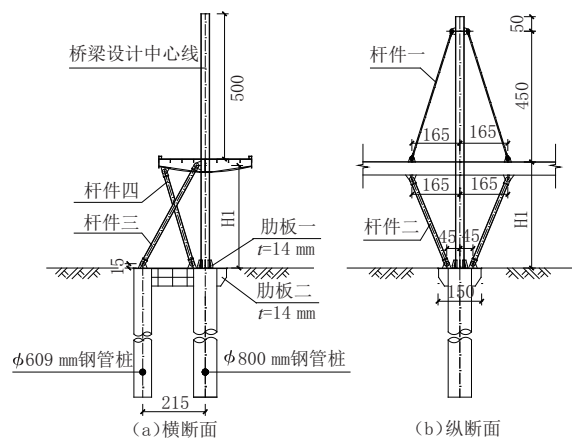


图7 桥梁上部结构构造图(单位:cm)

4.5 mm,单边调节量为±13 mm。
斜撑共采用三类杆件(杆件二~杆件四),均采用D140 mm×12 m 钢管,两端设置叉耳,与固定端耳板销轴连接。

3.4 桥梁下部结构

1号~8号桥墩采用钢管柱式墩,桥墩钢管采用D299 mm×14 mm 钢管。桩基采用D800 mm 钢管桩基础。
9号~35号桥墩采用立柱、拉杆与斜撑组合结构,桩基采用D609、D800 mm 钢管桩基础。

3.5 桥面铺装

传统钢结构人行天桥桥面铺装一般采用以下几种类型:面砖/石材、PU/EPDM、喷涂型聚脲、环氧树脂、硫化橡胶。桥面铺装结构比较见表1。

表1 桥面铺装结构比较表^[2-3]

项目	面砖 石材	PU EPDM	喷涂型 聚脲	环氧 树脂	硫化 橡胶	MMA
外观效果	良	优	优	优	优	优
自重	重	轻	轻	轻	轻	轻
抗滑性	良	优	优	优	优	优
钢板结合性	中	良	良	良	差	优
防腐性	中	中	优	良	差	优
防污性	优	中	良	中	中	良
耐久性	优	差	良	良	差	良
环保性	优	良	良	良	中	优

与传统铺装类型相比,甲基丙烯酸甲酯树脂(MMA)铺装作为一种新型铺装结构,具有景观效果好、自重轻、抗滑性好、防腐性能优异、自身抗高低温性能好、材料变形能力好、不易脱层、养护时间短等优点。该桥桥面铺装采用敷设4 mm 彩色防滑面层(MMA)方案。

3.6 旋转楼梯

为方便沟通桥面与地面人行交通,设置两处楼梯,楼梯采用旋转造型。立柱采用D350 mm×16 mm 钢管;

踏步采用防滑钢板,每阶台阶高150 mm、宽1 500 mm (见图8)。

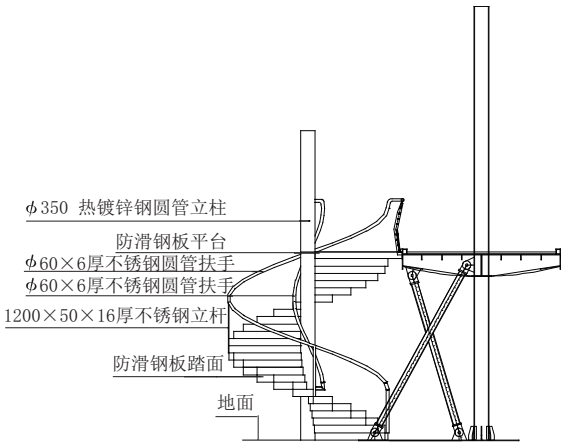


图8 旋转楼梯构造示意图(单位:mm)

4 桥梁伸缩装置

该桥主桥采用立柱、拉杆、撑杆与钢板梁组合异型结构,区别于以往梁式桥主梁、桥墩边界清晰、受力明确,该桥由立柱、拉杆、撑杆、钢板梁组合结构整体共同受力,桥梁不能在立柱位置设置伸缩缝。

该桥主桥每联桥梁伸缩装置设置在结构跨中,不传递轴力,承担结构剪力与弯矩。

伸缩装置由钢板梁、传力钢板、插销钢板、销钉四部分构造组成(见图9)。其中传力钢板A、插销钢板A与销钉配合使用,设置在中腹板;传力钢板B、插销钢板B与销钉配合使用,设置在箱梁两侧边腹板。每道伸缩装置由2块传力钢板A、2块传力钢板B、2块插销钢板A、2块插销钢板B及6个销钉构成。

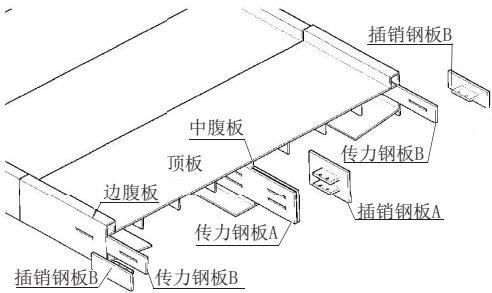


图9 主桥伸缩缝构造图

钢板梁伸缩缝设置橡胶止水带,采用环氧树脂粘贴。橡胶止水带上部设置4 mm 防滑钢板,一端与钢板梁顶板焊接,一端自由(见图10)。

5 结构分析与计算

5.1 结构分析

桥梁采用立柱、拉杆、撑杆与钢板梁组合结构,结构传力路径主要分为两部分:一是通过钢板梁上

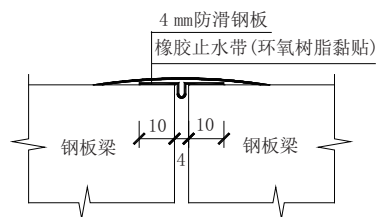


图 10 主桥伸缩缝防水构造图(单位:cm)

部拉杆传递立柱,然后由立柱传递至桩基础;二是通过钢板梁下部纵横向撑杆传递至桩基础。

5.2 结构计算

桥梁结构采用有限软件 MIDAS Civil 分析。在恒载作用下,上部结构一阶竖向自振频率为 24.7 Hz> 3 Hz,满足行人通行舒适性要求。

建立桥梁上部结构空间模型(见图 11),对桥梁强度、刚度、稳定性分包进行验算,验算结果均满足规范要求。

6 结 语

立柱、拉杆、斜撑与钢板梁组合结构,造型简洁美观,空间使用率高,桥面为公园游客提供赏景、漫步通道,桥梁与地面间设置坐凳,方便游人休闲娱乐。

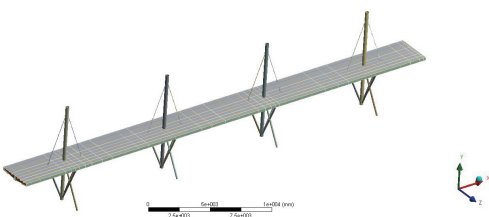


图 11 桥梁有限元计算模型

乐。桥梁作为空间受力结构,计算相对复杂,需要对结构受力体系理解清晰,并熟练应用有限元分析软件。

浦口公园人行桥作为当地地标性建筑,采用拉杆、立柱、斜撑、开口截面钢板梁组合结构,造型独特、优美,为国内首次使用。桥梁建成伊始,就成为当地网红桥,至今游人如织,已成为当地居民休闲漫步的必选地之一。

参考文献:

[1] 但泽义,柴昶,李国强,等. 钢结构设计手册[M]. 北京:中国建筑工程出版社,2018.
[2] 吴延辉. 浅谈城市人行天桥桥面铺装材料[J]. 城市道桥与防洪, 2019(7):143-144.
[3] 安泰,孙长宏. MMA 彩色防滑铺装工艺在天津机场大道立交桥中的应用[J]. 中国公路,2020(13):114-115.

(上接第 131 页)

重只需 485 t。

5 结 语

(1)城市小半径曲线桥梁中温度梯度产生的负反力可能远大于汽车荷载产生的负反力,抗倾覆计算中不可忽略。

(2)连续梁跨数对温度梯度的倾覆影响较小,可以忽略;增加曲线半径、边中跨比、支座间距对温度梯度的抗倾覆稳定有利,且增加支座间距效果最显著,增加曲线半径次之。

(3)直接采用 18 规范进行曲线钢箱梁抗倾覆计算时,抗倾覆稳定系数是考虑了 1.8 的重车安全系数,而在计算失稳效应时未对汽车作用和非汽车作用进行区分,将造成不必要的过度设计。

参考文献:

[1] 李翠华,杨利斌,傅志华,等. 无锡市 312 高架桥倾覆事故分析[J]. 工程力学,2021,38(9):203-211.
[2] 陈楠. 梯度温度等效应对钢箱梁抗倾覆验算的影响探讨[J]. 上海公路,2023(3):56-59.
[3] 彭卫兵,朱志翔,陈光军,等. 梁桥倾覆机理、破坏模式与计算方法研究[J]. 土木工程学报,2019,52(12):104-113.