

有限元数值模拟技术在环形景观探桥设计中的应用

罗祥, 张义, 丁才高, 林尧, 韩阳

(中建三局第一建设工程有限责任公司, 湖北 武汉 410000)

摘要: 随着建筑业及信息化的不断发展, 设计行业已更加趋向于高效化与科学化, 电算辅助设计已被广泛地运用于建筑业, 为设计提供安全保障。本文主要运用有限元数值模拟技术, 对某环形景观探桥进行分析, 研究复杂山区地形下的环形景观桥体风荷载作用机理、环形径向索的张拉控制, 同时考虑温度作用、地震作用和人群荷载作用, 提取桥体的稳定性应力比及变形挠度值, 与成桥使用状态下应力应变监测结果进行对比。结果表明: 数值模拟结果与监测结果吻合较好, 通过有限元数值模拟技术, 能够较好地模拟山区桥体在风荷载、人群荷载、温度作用、地震作用下的受力形态, 同时通过索的计算模拟数据指导现场张拉施工、提高施工作业效率, 可以在保证桥体稳定性、下挠变形的同时, 最大程度迎合市民探索美丽景观的需求。

关键词: 数值模拟; 风荷载; 索张拉; 温度作用; 地震作用

中图分类号: U442 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 08—0155—03

1 工程概况

探桥由伸向水域的直线型探桥和位于山谷里的倒鹅蛋形环桥构成, 其位于 AK 段 AK2+240 和 AK2+440 之间, 属于新区马拉松山湖绿道 (一期) 工程 EPC 项目, 其桥面组成: ①环桥部分为一个长 32 米、框 23 米椭圆形的圆环, 外圈为 3.2 米的钢格栅桥面, 内圈为尼龙网状体系桥面; 桥面距谷底约 4 米。②悬臂部分长度 19.3 米, 桥面宽 2.7 米; ③引桥部分由地面段和接桥段组成, 长度共计 700 米, 桥面宽 2.0 米和 1.2 米; ④桥面材料为金属格栅网、尼龙网和混凝土; ⑤栏杆为白色格栅扶手栏杆和钢丝网。

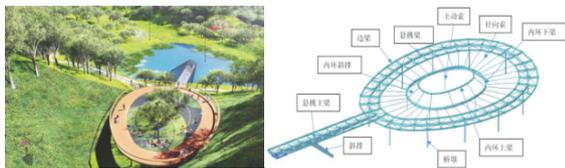


图1 探桥效果图

2 模型受力分析

2.1 有限元模型建立及网格划分

如图 2 所示, 采用 midas civil 建立了简化的有限元分析模型, 模型中梁柱均采用杆单元模拟, 吊索采用索单元模拟。

荷载取值, 板面附加恒载按照 0.8kN/m^2 , 呢绒恒载 0.1kN/m^2 , 活载按照 4.6kN/m^2 , 呢绒活荷载 1.2kN/m^2 , 栏杆荷载 1kN/m 。

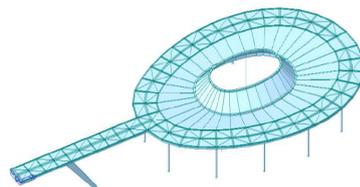


图2 空间模型

2.2 结构自重

构件的自重由软件自动计算, 其他荷载包括桥面上的网格板均由人工输入, 其荷载工况如下:

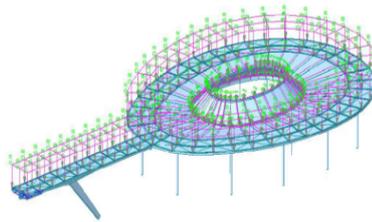


图3 网格板和呢绒荷载

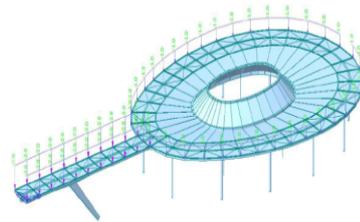


图4 栏杆荷载

2.3 人群荷载

按照《城市桥梁设计规范》计算后施加:

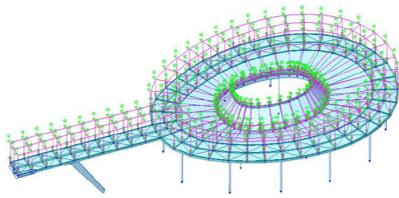


图5 人群荷载

2.4 风荷载

根据《公路桥涵设计通用规范》4.3.8 以及《公路桥梁抗风设计规范》JTG/TD60-01 4.3.1 条在横桥向风作用下主梁单位长度上的横向静阵风荷载进行施加：

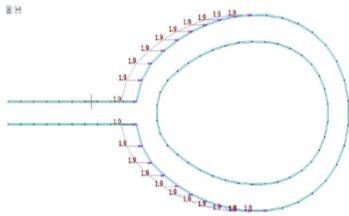


图6 x方向风荷载

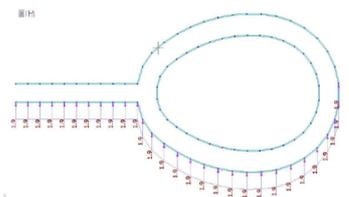


图7 y方向风荷载

2.5 温度荷载

考虑温度作用：升温为 +350C，降温为 -200 C。

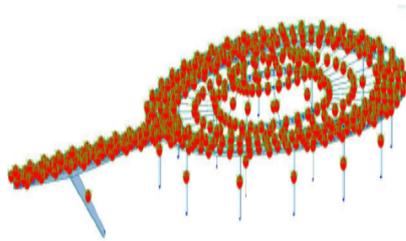


图8 升温作用

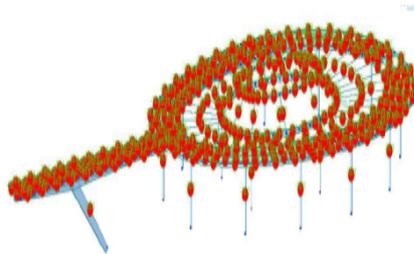


图9 降温作用

2.6 地震作用

根据《城市桥梁抗震设计规范》第 5.2.1 条规定，地震设计加速度反应谱曲线如下：

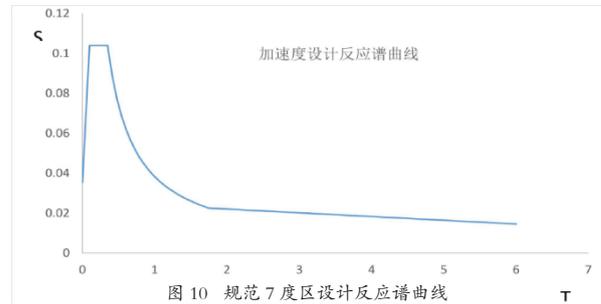


图10 规范7度区设计反应谱曲线

水平设计加速度反应谱 S 由下式确定：

$$S = \begin{cases} 0.45S_{\max} & T \leq 0s \\ \eta_2 S_{\max} & 0.1s < T \leq T_g \\ \eta_2 S_{\max} \left(\frac{T_g}{T}\right) & T_g < T \leq 5T_g \\ \left[\eta_2 0.2^\gamma - \eta_1(T-5T_g)\right] S_{\max} & 5T_g < T \leq 6s \end{cases}$$

2.7 吊索的张拉模拟分析

根据施工过程，索力计算如下：

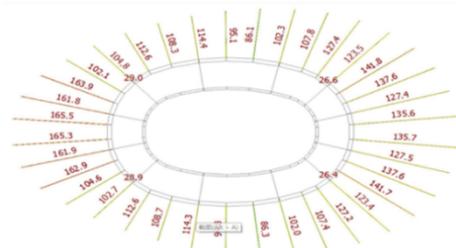


图11 成桥状态索力

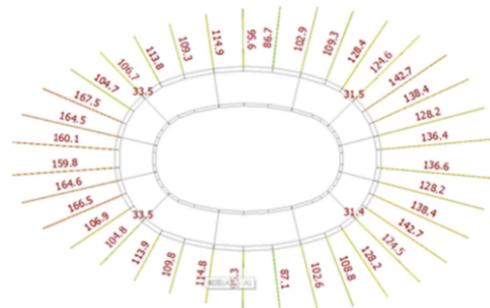


图12 吊索张拉完成时的索力

2.8 分析结果

应力：

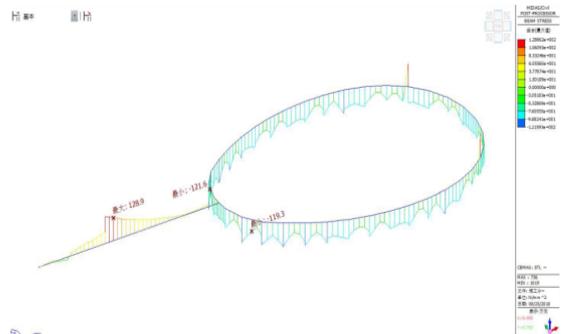


图13 主梁应力图

悬挑梁应力:

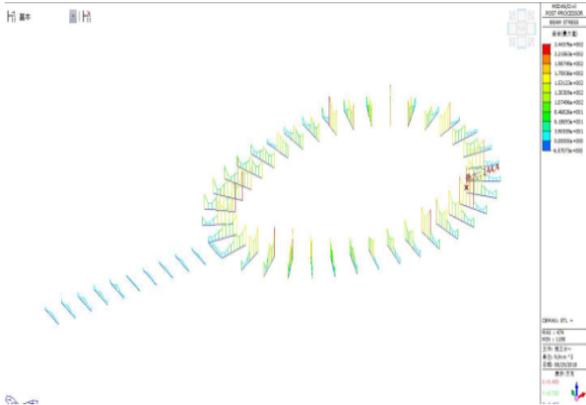


图 14 悬挑梁应力图

结论: 从梁的组合强度来看, 主梁的强度最大值为 128.9N/mm^2 , 小于规范规定的材料值 335N/mm^2 , 满足规范要求; 悬挑梁的应力最大值为 244.4N/mm^2 , 也是低于规范规定的材料值 335N/mm^2 , 满足规范要求。

稳定性: 由于吊索不存在失稳的问题, 本分析主要关心主体结构失稳的失稳模态。

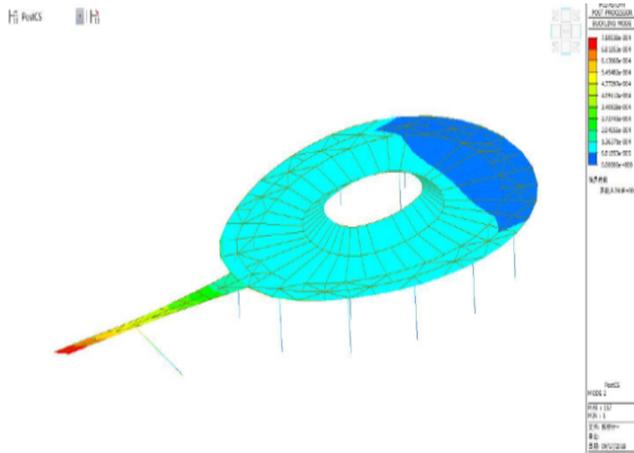


图 15 第一失稳模态

稳定系数为 57.41, 有很大的富余量, 满足要求。

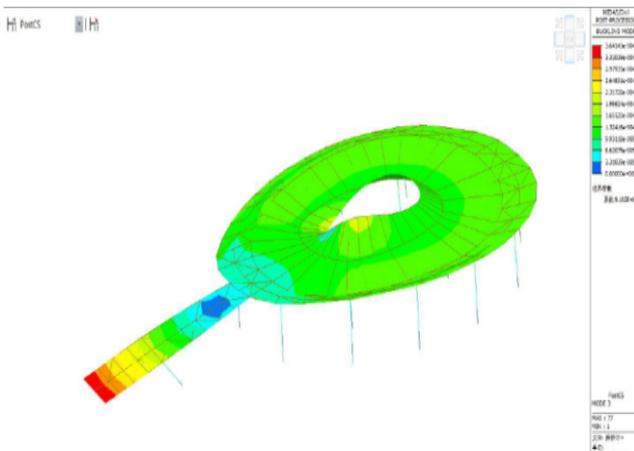


图 16 第二失稳模态

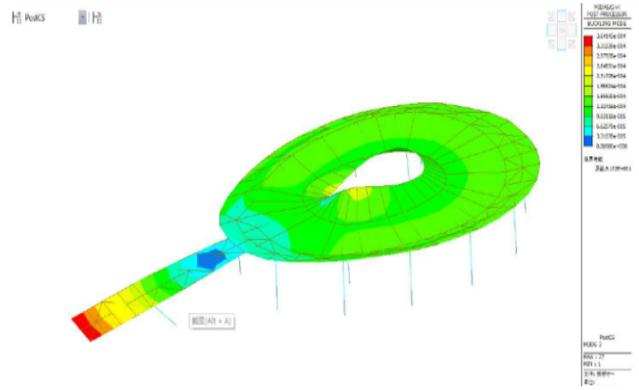


图 17 第三失稳模态

结论: 从以上主体结构的失稳形式来看, 均没有存在柱失稳的现象, 且失稳临界系数都非常高。故有很大的富余量, 满足要求。

3 结论

(1) 通过模拟结果与监测结果的对比, 可以看出运用有限元 Midas Civil 软件, 能够较好地模拟山区桥体在风荷载、人群荷载、温度作用、地震作用下的受力形态, 可以满足桥体的稳定性、下挠变形要求。

(2) 采用有限元数值模拟技术对本项目环形景观桥体进行分析, 得到了复杂山区地形下的环形景观桥体风荷载作用机理与考虑方法、各阶振动模态特征下的稳定系数。

(3) 运用 Midas Civil 有限元软件可根据实际施工过程中, 对吊索的张拉进行模拟分析, 得出成桥状态的索力和张拉完成时的索力, 用来指导现场张拉施工, 提高施工作业效率。

参考文献:

- [1] 胡进. Midas Civil 空间有限元分析软件在工程建设中的应用初探 [A]. 中冶建筑研究总院有限公司. 土木工程新材料、新技术及其工程应用交流会论文集 (下册) [C]. 中冶建筑研究总院有限公司: 工业建筑杂志社, 2019:4.
- [2] 姚倩. 甄美超, 李硕娇. 基于 Midas 的大跨度钢桁架桥梁结构有限元分析 [J]. 上海水务, 2016,32(02):19-21.
- [3] 王民. “房桥合一”结构大跨度站厅振动响应分析及舒适度评价 [D]. 北京交通大学, 2015.
- [4] 黄少华, 魏家乐. 自锚式悬索桥吊索张拉过程结构响应分析 [J]. 机械设计与制造工程, 2018,47(04):99-104.