

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2023.05.024

横向非对称简支钢桁梁桥受力性能研究

陈熠锋

(广州公路工程集团有限公司, 广东 广州 510075)

摘要: 为验证横向非对称简支钢桁梁桥结构的可靠性,采用有限元软件 MIDAS/Civil 建立全桥有限元模型,对其变形及应力进行分析,研究其受力性能。结果表明,弦杆竖向位移及应力的变化规律与常规钢桁梁一致,上弦杆横向位移很大,同一侧主桁腹杆应力不是关于跨度中心对称,主桁平面外受力变形较大。对于横向非对称简支钢桁梁,不能简单地取一侧主桁进行平面计算,应考虑结构横向变形的影响。

关键词: 桥梁;横向非对称钢桁梁;简支钢桁梁桥;受力性能

中图分类号:U441

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2023)05-0111-04

钢桁梁由主桁、联结系、桥面系、桥面组成,作为主要承重结构,承受竖向荷载,并将荷载通过支座传递给墩台。随着工程项目边界条件的变化,桥梁结构形式更加复杂,须更慎重地考察其受力状态。近年来,不少学者对钢桁梁桥受力性能进行了研究。张兴等采用 MIDAS/Civil 软件建立有限元模型,对跨径 120 m 的跨采空区上承式简支钢桁梁进行了计算分析^[1]。肖文义利用桥梁博士对穗莞深(广州—东莞—深圳)城际轨道交通线东江南特大桥进行静力分析,使用有限元分析软件 ANSYS 建立了该桥动力分析模型^[2]。贺胜采用 MIDAS/Civil 建立银西(银川—西安)高速铁路银川机场黄河特大桥 96 m 简支钢桁梁单元模型,通过计算主桁杆件的刚度、内力及应力,并与相应规范进行比较,分析了结构设计的可行性^[3]。目前对钢桁梁桥的研究集中于主桁对称、等高度形式的钢桁梁^[4-6]。横向非对称钢桁梁桥结构及受力形式较复杂,目前研究较少。戴新安等应用 MIDAS/Civil 建立 120 m+82 m 非对称下承式连续变高度铁路钢桁梁桥模型,对其受力性能进行了计算分析^[7]。本文以深圳地铁 6 号线民乐停车场横向非对称简支钢桁梁桥为工程背景,利用 MIDAS/Civil,结合相关规范分析其受力性能,为此类工程设计提供参考。

1 工程概况

深圳地铁 6 号线民乐停车场简支钢桁梁桥的桁高为 12.55 m,主桁计算跨径一侧为 55 m,另一侧为 77 m,纵向节间距为 11 m,两片主桁横向弦杆中心

间距为 16.75 m。4 个角点设置支座,支座中心与梁端的距离为 0.7 m。桥面停车区设纵梁+检修立柱,功能为停放地铁列车;非停车区设通长工字钢+压型钢板,为人行通道。该工程采用整体节点板和高强度螺栓连接工艺,部分位置采用现场焊接方式。上下弦杆、端竖杆、端横梁采用箱形截面,其余均为工字形截面。

2 有限元建模

基本假设:1) 所有杆件均属于弹性分析范围,符合胡克定律;2) 所有刚接属于理想刚接;3) 所有杆件都是均质的。

利用 MIDAS/Civil 建立该桥全桥模型,施工阶段按实际流程模拟。桥面板除停车区纵梁建入模型外,其余构件刚度较小,对整体计算结果影响非常小,按荷载加载。全桥共 588 个节点、681 个梁单元(见图 1)。由于节点板厚度较大,且采用高强度螺栓连接,节点的刚度很大,各构件相交位置均采用共节点的方式模拟,仅停车区纵梁与横梁之间采用弹性连接。支座采用一般支撑模拟。全桥仅定义一种 Q345 材料,由于模型未模拟实际存在的节点板、高强度螺栓等构件,建模时自质量系数调整为 1.3。

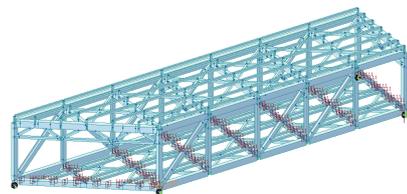


图 1 全桥有限元模型

3 静力计算分析

钢桁梁的主要受力结构为主桁,外部荷载通过桥面传递给纵梁,纵梁再传递给横梁,最后传递给两侧主桁。主桁由上下弦杆、腹杆组成。根据结构受力情况,进行两种荷载组合下主桁计算分析:主力组合,为恒载+车辆活载+人群活载+摇摆力+支座沉降;主力+附加力组合,为内力+温度荷载+制动力+风荷载。其中时效荷载均采用包络的方式,如温度荷载考虑升温、降温、无变化3种情况包络,再与其他荷载包络,程序自动考虑最不利组合。

3.1 主桁位移分析

为方便描述,以77 m主桁最左端为位置基准点,从左至右编号,77 m主桁上下弦杆位置范围为0~77 m,55 m主桁上下弦杆位置范围为22~77 m。

3.1.1 竖向位移分析

两种荷载组合作用下,77 m、55 m主桁上下弦杆的竖向位移分别见图2、图3。“+”表示位移向上,“-”表示位移向下。

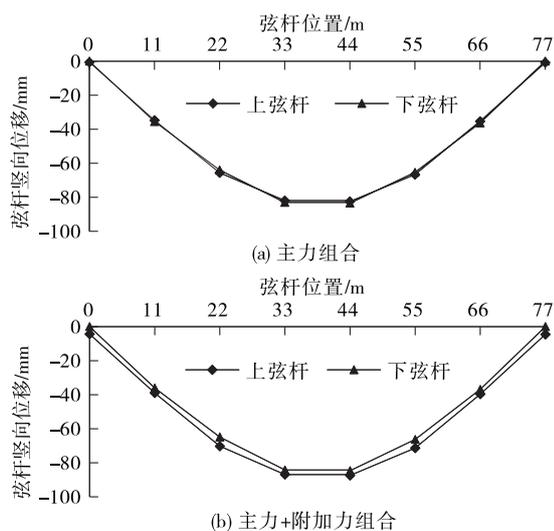


图2 77 m主桁的竖向位移

由图2、图3可知:两侧主桁弦杆竖向位移最大值均出现在各自跨中;上下弦杆位移变化趋势相同,两侧主桁分别呈整体下移状态。竖向位移主要由恒载+车辆活载作用产生,温度及横向风等活载作用的影响很小。

3.1.2 横向位移分析

两种荷载组合作用下,77 m、55 m主桁上下弦杆的横向位移分别见图4、图5。“+”表示向77 m

侧位移,“-”表示向55 m侧位移。

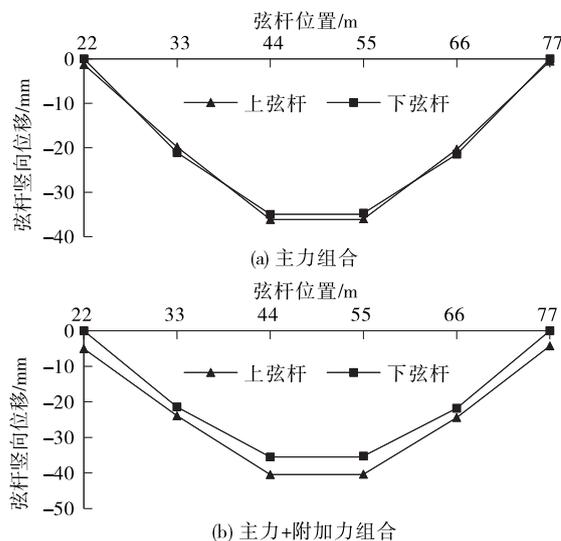


图3 55 m主桁的竖向位移

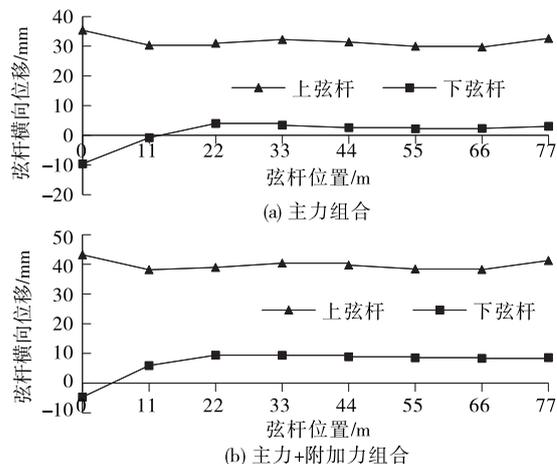


图4 77 m主桁的横向位移

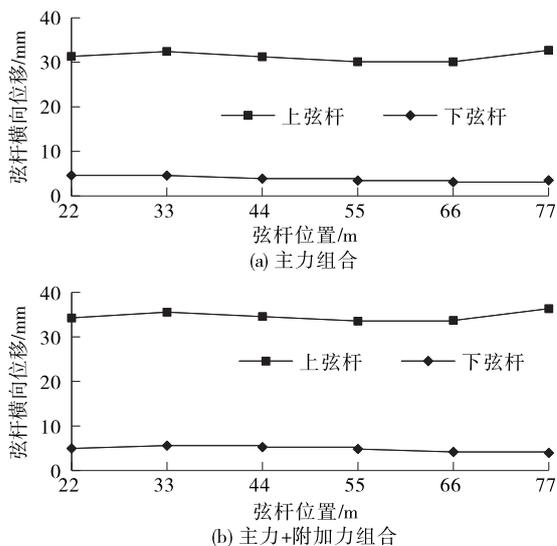


图5 55 m主桁的横向位移

由图 4、图 5 可知:钢桁梁上弦杆横向位移较大,主力+附加力组合作用下,77 m、55 m 主桁上弦杆横向位移分别达 43 mm、39 mm,由于两侧主桁不对称,77 m 主桁竖向挠度较大,带动钢桁梁横向倾斜变形;上弦杆横向位移方向、大小基本一致,呈直线分布。横向位移主要由恒载、车辆活载产生,其次为横向风作用,温度等作用的影响很小。

3.2 主桁应力分析

为方便描述,对主桁各杆件进行编号(见图 6、图 7)。“+”为拉应力,“-”为压应力。

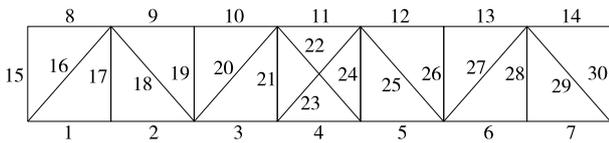


图 6 77 m 主桁杆件编号

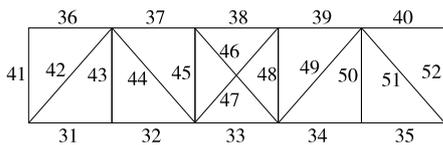


图 7 55 m 主桁杆件编号

3.2.1 弦杆应力分析

两种荷载组合作用下上下弦杆各杆件应力见图 8~11。

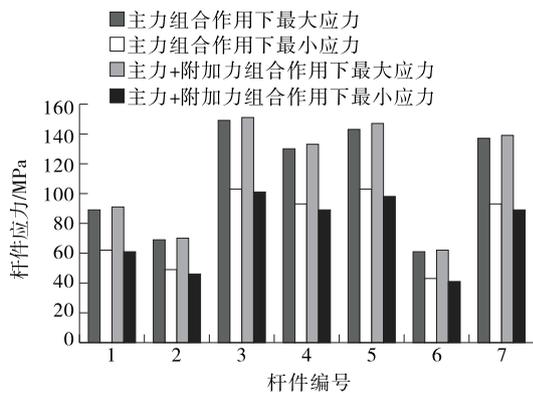


图 8 77 m 主桁下弦杆应力

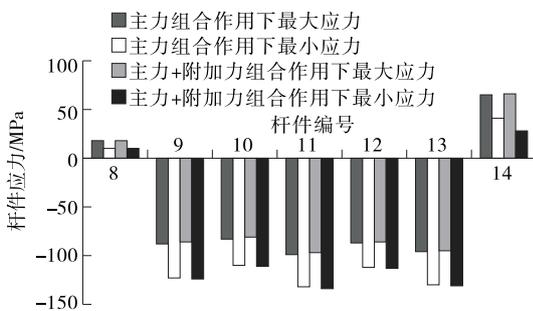


图 9 77 m 主桁上弦杆应力

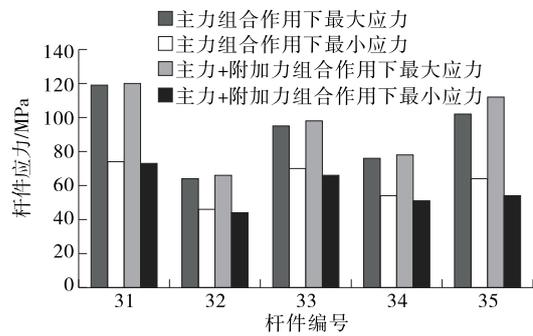


图 10 55 m 主桁下弦杆应力

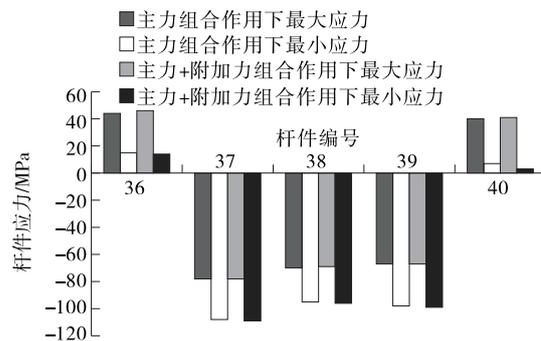


图 11 55 m 主桁上弦杆应力

由图 8、图 9 可知:77 m 主桁下弦杆件均为受拉杆件;77 m 主桁上弦杆件除两端 8#、14# 杆件受拉外,其他均受压。

由图 10、图 11 可知:55 m 主桁下弦杆件均为受拉杆件;55 m 主桁上弦杆件除两端 36#、40# 杆件受拉外,其余均受压。

3.2.2 腹杆应力分析

两种荷载组合作用下腹杆应力见图 12、图 13。

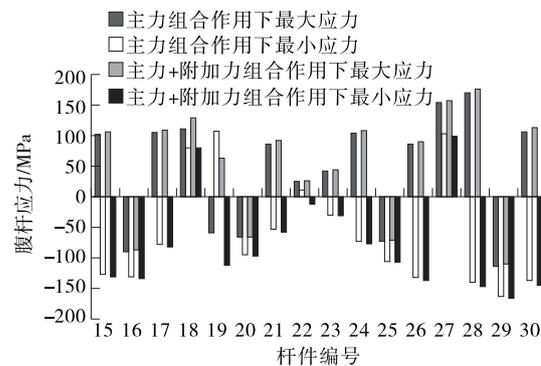


图 12 77 m 主桁腹杆应力

由图 12、图 13 可知:77 m 主桁腹杆应力由两端往中间减小,但并不对称,右侧腹杆应力比左侧腹杆应力大,右、左侧最大应力之比为 1.4 : 1.0;55 m 主桁腹杆应力也是由两端往中间减小,不对称,左侧腹

杆应力比右侧腹杆应力大,左、右侧最大应力之比为1.6:1.0。

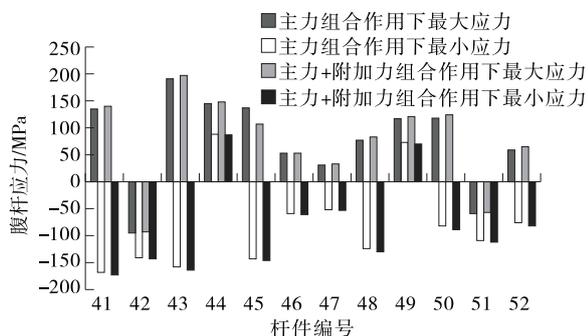


图 13 55 m 主桁腹杆应力

由于 77 m 主桁的竖向位移比 55 m 主桁大,引起主桁横向倾斜变形,导致腹杆的次内力较大,应力也较大。

4 结论

对于横向非对称简支钢桁梁,上下弦杆竖向位移关于各主桁中心对称,与常规钢桁梁规律基本一致;上弦杆横向位移很大,主要由两侧主桁竖向位移差引起主桁横向变形,风荷载作用影响较小;上下弦杆应力规律正常,与常规钢桁梁规律基本一致;两侧

主桁腹杆应力均不对称,主桁横向变形产生的结构内力对受力性能影响很大,若采用常规计算方式,即将钢桁梁划分为若干平面、各平面只承受该平面荷载,则计算结果将与实际有较大出入。

参考文献:

- [1] 张兴,徐晖,白兴蓉,等.跨采空区上承式 120 m 简支钢桁梁的设计研究[J].公路,2022,67(4):133-140.
- [2] 肖文义.穗莞深城际东江南特大桥主桥加劲连续钢桁梁静动力计算分析[D].成都:西南交通大学,2013.
- [3] 贺胜.96 m 简支钢桁梁结构分析[J].价值工程,2018,37(14):149-150.
- [4] 谭金华,杨吉新,陈响平.桥梁钢结构[M].武汉:武汉理工大学出版社,2013.
- [5] 铁道部第三勘察设计院.铁路桥涵设计基本规范:TB 10002.1-2005[S].北京:中国铁道出版社,2005.
- [6] 董宇航,张谢东,郭子会,等.蝴蝶兰异形拱塔斜拉桥受力研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2018,42(3):520-524.
- [7] 戴新安,郭子会,张谢东,等.非对称变高度连续钢桁梁桥受力性能研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2019,43(4):774-778.

收稿日期:2022-09-20

(上接第 110 页)

撞击力作用下的性能标准,确定主桥承台增设固定式复合材料防撞块、墩身采用自浮式复合材料柔性防撞套筒,过渡墩承台采用型钢或钢管连接及承台、墩身横桥向正面、临近通航孔侧一面增设橡胶护舷的加固措施,验算结果表明在保证防撞套筒消能不低于 30%、防撞块横桥向消能不低于 25% 时,该加固方法可行。

参考文献:

- [1] 戴彤宇,聂武,刘伟力.长江干线船舶桥事事故分析[J].中国航海,2002,25(4):44-47.
- [2] 王颖丰.船桥碰撞动力响应及风险评估研究[D].上海:上海交通大学,2020.
- [3] 赵英策,冯清海.跨海大桥船舶撞击力设防标准研究[J].公路,2019,64(10):127-130.
- [4] 殷浩.船舶与跨海大桥碰撞精细化数值模拟研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.

- [5] 文传勇,刘超越.万州长江大桥船舶撞击风险概率分析[J].公路与汽运,2016(5):163-166+170.
- [6] 许富琳,陈立新.桥梁防撞设计中船舶撞击力计算方法分析[J].公路与汽运,2016(6):162-165.
- [7] 王淑,任慧,云霄,等.通航桥梁主动防船撞系统及其性能分析[J].中国公路学报,2012,25(6):94-100.
- [8] 陈龙涛.梅山水道桥主墩承台抗船撞性能分析及防撞设施设计[J].工程技术研究,2023(3):160-162.
- [9] 王纪锋,关梁超,葛晶,等.京港澳高速沙河大桥桥墩抗船撞能力评估及防撞设施方案研究[J].中国水运,2019,19(10):62-66.
- [10] 刘政伟,许明财,潘晋.桩式桥梁防船撞设施设计方法研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2018,42(6):919-924.
- [11] 中交公路规划设计院有限公司.公路桥梁抗撞设计规范:JTG/T 3360-02-2020[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.

收稿日期:2023-04-28