

不同跨径钢栈桥受力研究*

王达^{1,2}, 郑雅文¹

(1.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.中南林业科技大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:以某高速公路项目施工中搭建的临时钢栈桥为工程背景,采用 MIDAS/Civil 有限元软件建立不同跨径钢栈桥模型,计算桥面板、分配梁、贝雷梁等构件的应力,对不同跨径钢栈桥进行受力对比分析,为钢栈桥跨径选择提供理论依据。

关键词:桥梁;钢栈桥;受力分析;跨径;贝雷桁架

中图分类号:U441.5

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2023)02-0091-04

随着桥梁建设工程规模的不断加大,临时结构的作用越来越重要。钢栈桥作为桥梁建设工程施工及材料运输的重要组成部分,在施工中广为应用^[1]。近年来对钢栈桥设计方案的研究多集中在其受力分析上^[2-11]。闫汝刚等使用同济大学钢结构-空间结构设计软件 3D3S 模拟计算不同等级荷载作用下单榀贝雷架的内力,得出贝雷架内力随着荷载的增大而增大^[12]。李学刚等对各工况下钢便桥结构进行内力分析,得出了钢便桥桥面系、分配梁、贝雷梁、钢管柱等构件的内力参数^[13]。殷新锋等采用 ANSYS/LS-DYNA 程序对钢栈桥在重车作用下的振动响应进行分析,得出了车辆质量和速度对钢栈桥跨中竖向振动位移及振动时间的影响^[14]。郑毅对贝雷桁架结构进行内力计算,得出了其最不利位置的受力情况^[15]。目前从不同跨径布置对钢栈桥结构进行分析的研究还很少。本文依托江西某高速公路临时钢栈桥,对不同跨径钢栈桥进行受力分析,为钢栈桥跨径选择提供依据。

1 钢栈桥的结构形式和设计参数

江西某高速公路临时钢栈桥总长 120 m,桥面标准净宽 7.5 m,两侧设置钢护栏,钢护栏形式和等级与主线钢箱梁相同。7.5 m 宽跨径组合为 6×6 m(一联)。每隔 36 m 设置一条伸缩缝,伸缩缝处贝雷梁、桥面板、栏杆均断开。双向通行,连续墩按 3 根 $\phi 630\text{ mm}\times 8\text{ mm}$ 钢管桩布置,钢管顶布置双拼 I32a 分配梁;制动墩主要使用 6 根 $\phi 630\text{ mm}\times 8\text{ mm}$ 钢管桩,钢管桩上布置双拼工字钢 I45a,双拼

工字钢 I45a 上布置双拼工字钢 I32a 分配梁。双拼工字钢 I32a 分配梁上布置单层加强型 321 型贝雷片,横向布置 10 排。在距钢管桩顶 3 m 处设置 $\phi 273\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ 钢管,并在相邻钢管桩之间设置剪刀撑。相邻贝雷片之间的距离交替布置为 0.9 m 或 1 m,贝雷片之间布置剪刀撑。上弦杆上布置 I20b 工字钢横向分配梁,横向分配梁之间的间距为 0.5 m,横向分配梁上放置 10 mm 钢板。

钢栈桥设计参数如下:1) 保证高速重载车辆通行;2) 设计使用年限为 3 年,主桥施工完成后拆除;3) 车辆荷载等级为高速公路—I 级;4) 车辆的最高运行速度不大于 30 km/h,确保钢栈桥结构受力安全。

2 钢栈桥荷载分析

2.1 基本参数

除贝雷梁采用 Q345 钢材外,其余构件均采用 Q235 钢材。根据 GB 50017—2017《钢结构设计规范》^[16],Q235 钢材的抗拉、抗压、抗弯强度设计值为 215 MPa,抗剪强度设计值为 125 MPa;Q345 钢材的抗拉、抗压、抗弯强度设计值为 310 MPa,抗剪强度设计值为 180 MPa(见表 1)。

表 1 钢材的设计强度取值 单位:MPa

钢材类别	弹性模量	抗拉、抗压、抗弯强度	抗剪强度
Q235	2.06×10^5	215	125
Q345	2.06×10^5	310	180

2.2 荷载分析

钢栈桥荷载主要包括自重荷载和车辆荷载,采

* 基金项目:湖南省科技创新计划资助(2020RC4049)

用 MIDAS/Civil 中车道面加载方法模拟。根据 JTG D60—2015《公路桥涵设计通用规范》^[17], 栈桥设计荷载采用公路—I 级汽车荷载, 为总重 55 t 的标准车辆。

3 计算模型的建立

3.1 钢栈桥跨径布置

根据钢栈桥设计图, 采用 MIDAS/Civil 建立钢栈桥模型, 对不同跨径钢栈桥在相同荷载作用下的受力进行分析。

钢栈桥全长 120 m, 选取其中一联 6×6 m 作为研究对象, 长度 36 m。重点分析不同钢管桩布置方式下, 跨径为 6 m、9 m、12 m、18 m 时钢栈桥的受力情况。其中: 6 m 跨径钢栈桥的下部结构钢管桩立柱布置方案为 6×6 m, 全桥共划分为 5 993 个节点、8 092 个单元; 9 m 跨径钢栈桥的下部结构钢管桩立柱布置方式为 4×9 m, 全桥共划分为 5 887 个节点、8 018 个单元; 12 m 跨径钢栈桥的下部结构钢管桩立柱布置方式为 3×12 m, 全桥共划分为 5 840 个节点、7 981 个单元; 18 m 跨径钢栈桥的下部结构钢管桩立柱布置方式为 2×18 m, 全桥共划分为 5 781 个节点、7 944 个单元。模型中除贝雷片使用 Q345 钢材外, 其他构件均采用 Q235 钢材。10 mm 桥面板采用板单元模拟, 其他构件均采用梁单元模拟。

3.2 边界条件

(1) 钢管桩底端约束。根据钢栈桥钢管桩底端施工方案及支座构造方法, 施工时钢管桩底部应埋进基础内 1.5 m 以上, 且建模时钢管桩底部应完全固结。

(2) 结构边界条件。10 mm 桥面板与 I20b 工字钢横向分配梁之间采用弹性连接; 为保证分配梁、贝雷片和横梁的位移与钢栈桥的实际工作状态一致, I20b 工字钢与贝雷梁、贝雷梁与双拼工字钢 I32a 之间采用弹性连接; 两片贝雷梁之间的联系释放梁端约束; 双拼 I32a 工字钢横梁与钢管桩之间采用刚性连接; 其他位置的对应节点采用一般弹性连接。

根据以上特性建立的钢栈桥模型见图 1。

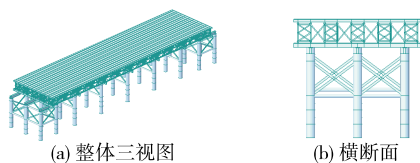


图 1 钢栈桥模型

3.3 荷载组合

根据钢栈桥的设计标准, 荷载组合主要采用结构自重荷载和标准车辆荷载, 自重、车辆荷载的荷载安全分项系数分别为 1.2、1.4。

4 钢栈桥结构计算

4.1 桥面系验算

桥面板采用 10 mm 钢板, 有限元模型见图 2。表 2 为不同跨径下钢栈桥桥面板应力计算结果, 图 3 为 6 m 跨径钢栈桥 10 mm 桥面板应力云图。

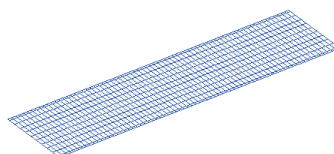


图 2 桥面板有限元模型

表 2 桥面板应力计算结果

跨径布置/ m	组合应力/ MPa	剪应力/ MPa	是否满足 规范要求
6×6	17.54	9.18	是
4×9	18.05	9.87	是
3×12	19.04	10.08	是
2×18	24.48	13.44	是

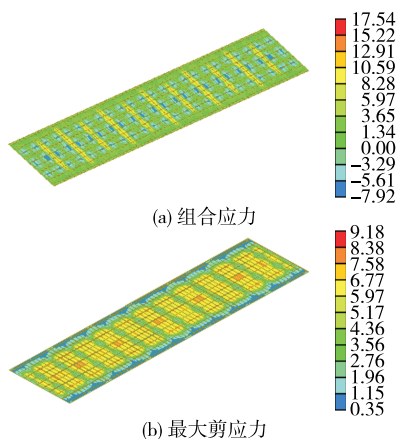


图 3 10 mm 桥面板应力云图(单位: MPa)

由表 2 可知: 不同跨径下, 钢栈桥桥面板的组合应力、剪应力都小于材料的允许值, 满足设计规范要求。

由图 3 可知: 6 m 跨径钢栈桥桥面板的最大应力出现在连续墩处。

4.2 I20b 横向分配梁强度验算

桥面板下部分配梁采用工字钢 I20b, 其组合应

力与剪应力见图 4,不同跨径下钢栈桥横向分配梁应力计算结果见表 3。

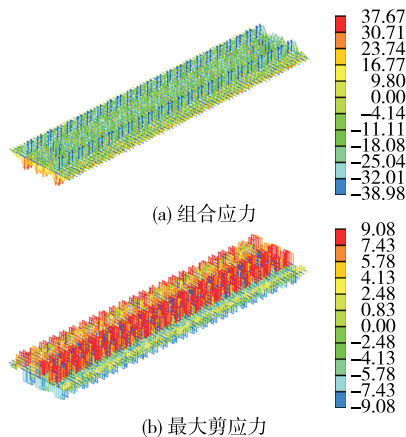


图 4 I20b 横向分配梁应力云图(单位:MPa)

表 3 I20b 横向分配梁应力计算结果

跨径布置/ m	组合应力/ MPa	剪应力/ MPa	是否满足 规范要求
6×6	38.98	9.08	是
4×9	39.41	9.06	是
3×12	39.75	9.02	是
2×18	41.73	8.99	是

由表 3 可知:不同跨径下,钢栈桥 I20b 横向分配梁的组合应力、剪应力都小于允许值,满足设计规范要求;随着跨径的增大,分配梁的组合应力不断增大。

4.3 贝雷梁内力计算

贝雷梁采用 Q345 钢材,其组合应力和剪应力见图 5,不同跨径下钢栈桥贝雷梁内力计算结果见表 4。

由表 4 可知:不同跨径下,钢栈桥贝雷梁的组合

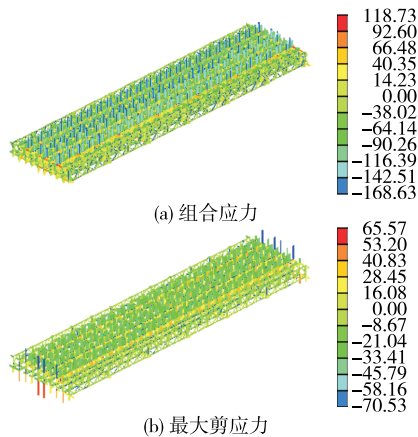


图 5 贝雷梁应力云图(单位:MPa)

表 4 贝雷梁应力计算结果

跨径布置/ m	组合应力/ MPa	剪应力/ MPa	是否满足 规范要求
6×6	168.63	70.53	是
4×9	201.35	82.55	是
3×12	222.31	90.16	是
2×18	253.49	101.69	是

应力、剪应力都小于允许值,最大应力出现在边跨位置,且均满足设计规范要求;18 m 跨径钢栈桥贝雷梁的组合应力接近允许值,属于最不利跨径布置。

4.4 双拼工字钢 I45a 强度验算

钢管桩上放置双拼工字钢 I45a。双拼工字钢 I45a 的组合应力和剪应力见图 6,不同跨径下应力计算结果见表 5。

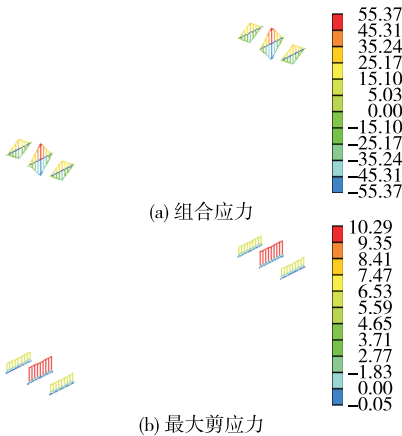


图 6 双拼工字钢 I45a 应力云图(单位:MPa)

表 5 双拼工字钢 I45a 应力计算结果

跨径布置/ m	组合应力/ MPa	剪应力/ MPa	是否满足 规范要求
6×6	55.37	10.09	是
4×9	64.80	12.01	是
3×12	70.08	13.11	是
2×18	79.04	14.52	是

由表 5 可知:不同跨径下,钢栈桥双拼工字钢 I45a 的组合应力和剪应力都小于允许值,满足设计规范要求。

4.5 双拼工字钢 I32a 强度验算

双拼工字钢 I45a 上放置双拼工字钢 I32a 分配梁。双拼工字钢 I32a 的组合应力和剪应力见图 7,不同跨径下应力计算结果见表 6。

由表 6 可知:不同跨径下,钢栈桥双拼工字钢 I32a 的组合应力、剪应力都小于允许值,最大应力

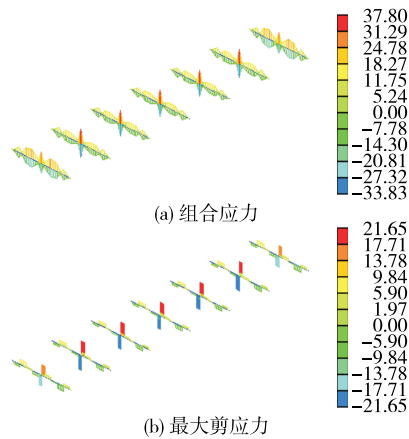


图7 双拼工字钢 I32a 应力云图(单位:MPa)

表6 双拼工字钢 I32a 分配梁应力计算结果

跨径布置/ m	组合应力/ MPa	剪应力/ MPa	是否满足 规范要求
6×6	37.80	21.65	是
4×9	50.00	28.34	是
3×12	59.76	34.13	是
2×18	79.21	44.69	是

出现在跨中位置,满足设计规范要求。

4.6 挠度验算

表7为不同跨径下钢栈桥的竖向挠度。

表7 钢栈桥的竖向挠度

跨径布置/m	竖向挠度/mm	跨径布置/m	竖向挠度/mm
6×6	3.08	3×12	6.35
4×9	4.36	2×18	14.16

由表7可知:在位移方面,6 m跨径钢栈桥竖向挠度最大值为3.08 mm,小于连续梁桥的允许挠度值 $[f]=L/400=15$ mm;9 m跨径钢栈桥竖向挠度最大值为4.36 mm,小于连续梁桥的允许挠度值 $[f]=L/400=22.5$ mm;12 m跨径钢栈桥竖向挠度最大值为6.35 mm,小于连续梁桥的允许挠度值 $[f]=L/400=30$ mm;18 m跨径钢栈桥竖向挠度最大值为14.16 mm,小于连续梁桥的允许挠度值 $[f]=L/400=45$ mm。不同跨径钢栈桥的竖向挠度均满足要求。

5 结论

对不同跨径钢栈桥的受力进行对比分析,得到钢栈桥桥面板、分配梁、贝雷梁等构件的组合应力与剪应力,得出以下结论:

(1) 在相同荷载作用下,钢栈桥结构的应力随着跨度的增大而增大。

(2) 在贝雷架结构中,上弦杆最大应力出现在边跨靠中间位置,下弦杆最大应力出现在边跨位置,腹杆最大应力出现在边跨位置,但应力都满足设计规范要求。

参考文献:

- [1] 王智雄.九佛特大桥跨东干渠钢栈桥设计与施工[J].公路与汽运,2020(2):108—110.
- [2] 马明,黄登侠.钢栈桥的结构设计分析和计算[J].公路交通科技(应用技术版),2013,9(8):147—152.
- [3] 刘金玲.京秦高速公路潮白河特大桥临时栈桥施工技术[J].建筑技术开发,2018,45(4):56—58.
- [4] 田娥,杨正军,李毅,等.大型钢结构工程中临时钢栈桥设计及验算[J].工业建筑,2012,42(9):157—161.
- [5] 张波,彭启明,陈倩,等.钢栈桥施工技术分析[J].交通科技与经济,2011,13(6):4—9.
- [6] 李建如,宫云增,王晓东.渭河钢栈桥结构计算及施工技术分析[J].港工技术,2013,50(5):38—41.
- [7] 赵可.装配式贝雷梁受力性能分析及大跨度施工设计[J].钢结构,2018,33(2):84—88.
- [8] 张俊.装配式贝雷梁钢便桥设计分析[J].四川建材,2019,45(5):192—193.
- [9] 梁远森,王守君,张静芳.“321”贝雷梁钢便桥静力性能分析[J].华北水利水电学院学报,2012,33(5):39—42.
- [10] 史正洪,孙九春.基于静载试验的贝雷梁临时便桥力学状态研究[J].上海公路,2013(3):40—43.
- [11] 刘良谋,徐关尧.21 m“321”装配式公路钢桥整体稳定性研究[J].国防交通工程与技术,2007,5(1):34—36.
- [12] 闫汝刚,吴宏凯,徐德宇.贝雷架内力规律分析[J].中国建材科技,2020,29(1):72—78.
- [13] 李学刚,吕应,刘传虎.基于Midas的钢便桥设计计算分析[J].住宅与房地产,2018(21):153—154.
- [14] 殷新锋,陈诚,晏万里.重型车辆作用下钢栈桥振动响应对比分析[J].公路与汽运,2022(6):99—103.
- [15] 郑毅.贝雷桁架结构计算[J].黑龙江交通科技,2012,35(3):72—74.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构设计规范:GB 50017—2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [17] 中交公路规划设计院有限公司.公路桥涵设计通用规范:JTG D60—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.

收稿日期:2021—12—22