

支座形式对连续折线形斜梁桥力学行为的影响

曾天宝, 黄筱淇

(南昌市城市规划设计研究总院, 江西 南昌 330038)

摘要: 由于斜向支撑方式不同, 斜梁桥与正交梁桥的力学行为存在较大区别。为了研究支座形式对斜梁桥力学行为的影响, 以某景观人行天桥为工程背景, 采用有限元分析方法对两种支座布置方式下桥梁受恒载和温度荷载作用效应进行研究。研究表明: 钝角位置支反力更大, 锐角位置支反力更小, 支座更容易脱空; 在温度荷载作用下, 斜梁桥支座设置不当, 支座承受较大的水平分力, 导致主梁和桥墩承受较大横向弯矩。

关键词: 连续折线形斜梁桥; 支座形式; 支反力; 弯矩; 人行天桥

中图分类号: U443.36, U441+.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)01-0088-03

0 引言

在中小跨径桥梁建设中, 由主梁和横隔板组成的装配式梁桥得到了广泛应用。近来, 人行天桥等景观桥梁, 考虑到各种折线、曲线美, 常常设计出一些折线、曲线桥梁。这些桥梁的力学行为与正交梁桥的力学行为存在较大区别, 主要表现在斜向支承的存在导致弯曲和扭转效应组合, 且主梁空间受力明显^[1,2]。研究斜梁桥支座布置形式对斜梁桥力学行为的影响对工程设计与应用具有一定的指导意义。

日前, 连续直线斜梁桥和简支斜梁桥的研究成果相对较多^[3-7], 针对连续折线形斜梁桥力学行为的研究成果相对较少。He等^[2]研究了动力荷载作用下斜梁桥的力学行为。黄平明^[3]采用弹性横梁-相干支承法对斜梁桥中的竖向力与扭矩分布进行了研究, 通过模型试验验证了数值模拟结构的正确性。冯电等^[4]研究了弹性支撑和剪切变形对单跨斜梁桥受温度影响的次内力作用。刘正旭等^[5]利用梁格法研究了不同支承刚度及横梁刚度对整个斜梁桥的受力影响, 发现支承刚度越小, 支反力越均匀。郑雄飞等^[6]将广义梁格法应用于斜梁桥中, 并利用模型试验验证了该理论的可行性和准确性。夏淦^[7]认为连续折线形斜梁桥受力特性不同于连续直线斜梁桥。因此, 很有必要对连续折线形斜梁桥受力特性进行深入研究分析和讨论。

现以景观人行天桥为工程背景, 采用有限元分

析方法对两种支座布置方式下桥梁承受恒载和温度作用效应受力情况进行研究。研究成果可对该类桥支座布置提供设计思路。

1 工程概况

艾溪湖四路人行天桥位于昌东大道和艾溪湖四路交叉口南侧, 上跨昌东大道, 桥梁按斜跨总长为141.141 m, 如图1所示。



图1 艾溪湖四路人行天桥效果图

天桥主梁采用单箱单室, 中间共6跨, 两端悬臂, 其跨径按斜长分布: 3 m(悬臂)+20.322 m+21.712 m+24.517 m+23.266 m+25.298 m+20.026 m+3 m(悬臂)=141.141 m。每跨斜角和桥面宽度都不一样, 具体参数见表1所列。箱梁跨中腹板宽0.5 m, 支点腹板宽0.6 m, 翼缘板悬臂长度0.5 m。主梁支座采用双支座, 支座中心间距2 m, 桥墩支撑轴线方向相互平行, 主梁平面如图2所示。

桥墩共7个, 编号为0#~6#桥墩。考虑主梁、支座和桥墩受力, 将1#~5#桥墩分别朝钝角方向偏移0.8 m, 墩顶支座相对主梁轴线偏心0.8 m; 3#墩顶设置一个固定支座和一个单向支座, 单向支座滑动方向与主梁支承轴线方向一致; 2#和4#墩顶分别设置一个单向支座和一个双向支座, 支座主滑动方向与主梁轴线一致; 其余墩顶均设置双向支座。为满足墩

收稿日期: 2020-04-15

作者简介: 曾天宝(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁设计和结构分析研究工作。

表 1 桥梁参数表

参数	第一跨	第二跨	第三跨	第四跨	第五跨	第六跨
斜长跨径/m	20.322	21.711	24.516	23.267	25.298	20.026
与支承法线斜角/(°)	18.67	-14.7	20.3	-8.7	29.6	-10.6
桥宽/m	7~5.223	5.223	5.066	5.338	5	5~7
顶板厚/m	0.25		0.2(0.35)			0.25
	(0.4)					(0.4)
底板厚/m			0.2(0.35)			

注:表中括号外的数据适用于跨中,括号内的数据适用于支点附近。

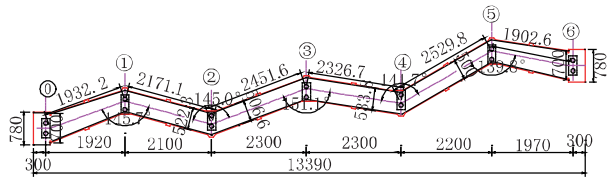


图 2 主梁平面布置图(单位:cm)

顶支座布置要求,将箱梁底板加宽,墩顶主梁横梁位置处将边角削平。

2 计算模型

采用 Midas/Civil 2015 建立了该桥梁的有限元模型,如图 3 所示,其中梁单元共 64 个,节点 78 个。为了研究支座形式对该桥梁力学行为的影响规律,假定两种支座模型:(1)每个墩顶设置一个单向支座和一个双向支座,支座主滑移方向与支承轴线垂直,支座不偏心设置。(2)考虑主梁、支座和桥墩受力,将 1#~5# 桥墩分别朝钝角方向偏移 0.8 m,墩顶支座相对主梁轴线偏心 0.8 m;3# 墩顶设置一个固定支座和一个单向支座,单向支座滑移方向与主梁支承轴线方向一致;2# 和 4# 墩顶分别设置一个单向支座和一个双向支座,支座主滑移方向与主梁轴线一致;其余墩顶均设置双向支座。具体布置如图 4 和图 5 所示。

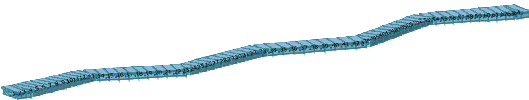


图 3 空间有限元模型

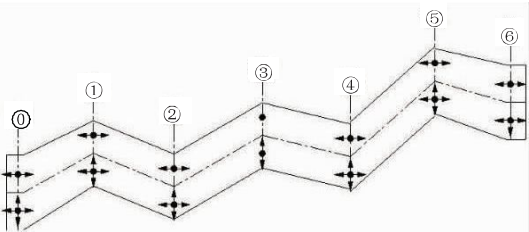


图 4 模型一支座布置形式大样图

3 计算结果分析

在恒载和温度作用下两种模型的支反力如表 2

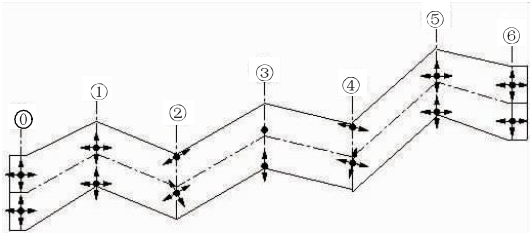


图 5 模型二支座布置形式大样图

所列。由此可知,在恒荷载作用下,模型一 1#~5# 桥墩锐角位置支反力为负值,钝角位置支反力过大,主梁支座存在严重脱空现象;在温度作用下,模型一主梁承受很大的水平反力,每个墩顶的水平反力 F_y 形成的力偶和 3# 墩顶水平反力 F_x 形成的力偶相互平衡;墩顶支座承受正负相反的竖向反力,其中在系统温度下,支座竖向正负反力大小相同,形成一个力偶,正好约束主梁的轴向扭转,主梁内不存在扭矩。模型二通过调整支座偏心、释放支座约束和调整支座布置,很好地改善了恒载和集中荷载作用下的支座反力,解决了支座脱空现象,消除温度作用下支座水平反力。

图 6 为恒荷载作用下模型竖向弯矩 M_y 图,图 7 为系统温度作用下模型横向弯矩 M_z 图,图 8 为梯度升温作用下模型横向弯矩 M_z 图。在图 6—图 8 中, M_y 表示竖向弯矩, M_z 表示横向弯矩。由此可知,温度作用下,模型一主梁内产生较大的横向弯矩,其中,支点位置处横向弯矩绝对值最大且大小基本相同,中跨和次中跨跨中横向弯矩基本为零;还可知,温度作用下,主梁伸缩变形引起的横向弯矩与支座水平错位变形引起的弯矩形式相同。模型二主梁横向弯矩基本为零,其支座布置可以很好地消除温度作用引起的横向弯矩。对比图 6 和图 7 可以发现,系统温度作用下导致的主梁横向弯矩基本与恒载作用下导致的主梁竖向弯矩大小相同,对主梁受力非常不利,设计中必须消除。

综上分析可知,对于常规支座设置的折线斜梁桥,在恒载和集中荷载作用下,主梁支座钝角位置支反力过大,锐角位置支反力过小,导致支座脱空;在温度作用下,主梁自由伸缩受到支座的约束,导致支座承受较大水平反力和正负竖向反力,使主梁产生较大的横向弯矩,这些都必须在设计中注意。这些不利受力因素可以通过调整支座偏心、释放支座约束和调整支座布置予以消除。

4 结 语

本文以艾溪湖四路人行天桥为工程背景,采用有限元分析方法对两种支座布置方式下桥梁受恒载

表2 荷载作用下支座反力表

单位:kN

模型	桥墩	支座	恒载	系统升温			梯度升温		
			FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ
模型一	0#墩	支座1	959.4	0	149.9	-61.1	0	28.4	-124.9
		支座2	289.8	0	0	61.1	0	0	273.6
	1#墩	支座1	-273	0	-470.3	188.8	0	-88.5	992.3
		支座2	2 555	0	0	-188.7	0	0	-1 186.5
	2#墩	支座1	2 168.7	0	619.9	-247.6	0	115.8	-651
		支座2	-116.3	0	0	247.5	0	0	711.3
	3#墩	支座1	-70.8	-538.5	-551.6	220.1	-98.7	102.5	668.1
		支座2	2 355.5	538.5	0	-220.1	98.7	0	-697.5
模型二	0#墩	支座1	956	0	0	-0.1	0	0	-112.1
		支座2	277	0	0	0.1	0	0	263.1
	1#墩	支座1	638.7	0	0	0	0	0	885.1
		支座2	1 662.5	0	0	0	0	0	-1 084.7
	2#墩	支座1	1 341.4	0	-0.2	0	-0.2	-0.5	-623
		支座2	706.6	0	0	0	0	0	686.6
	3#墩	支座1	841.1	1.3	0.3	-0.1	-18.8	-0.5	616.5
		支座2	1 445.2	-1.3	0	0.1	19.1	0	-647

注:只列举0#~3#墩顶支座反力。

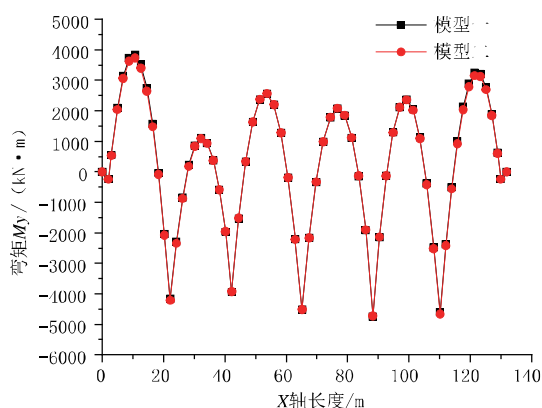


图6 恒载作用下模型竖向弯矩 My 图

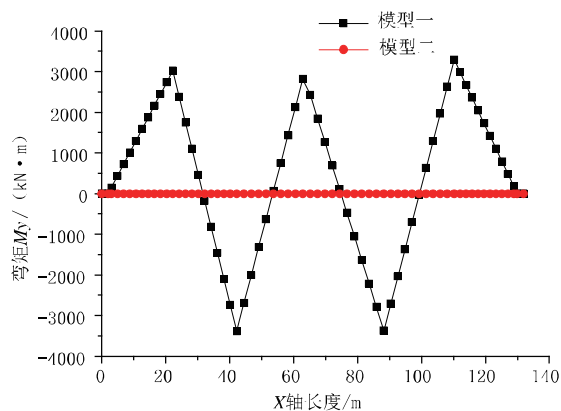


图7 系统温度作用下模型横向弯矩 Mz 图

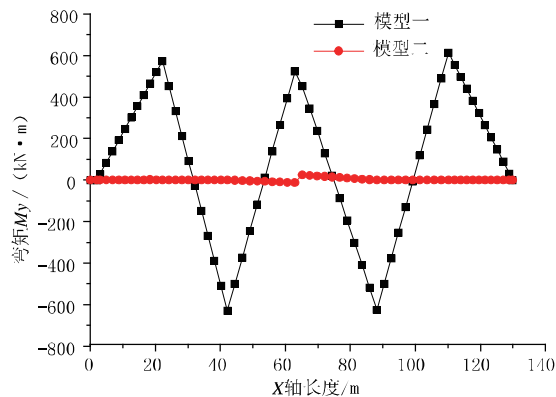


图8 梯度升温作用下模型横向弯矩 Mz 图

和调整支座布置的方法改善了支座受力。

(2)在均布荷载和集中荷载作用下,常规支座桥梁主梁钝角位置支反力过大,锐角位置支反力过小,中间桥墩支座存在脱空现象。设计支座桥梁通过偏心设置主梁支座很好地解决支座脱空问题。

(3)在工程设计中,应以中心桥墩为基准,在中心桥墩墩顶布置单向支座和固定支座,将相邻两个桥墩顶单向支座主滑移方向与主梁轴线方向一致,以减小温度作用对支座产生水平分力的影响;通过朝主梁钝角方向偏移桥墩,偏心设置支座,以解决支座脱空问题。

参考文献:

- [1] 孙江胜. 多梁式连续斜梁桥静力特性分析[J]. 桥梁建设, 2007(5): 42-45.

和温度荷载作用效应进行了研究。研究表明:

(1)在温度荷载作用下,常规支座桥梁支座承受较大水平反力,致使主梁承受较大横向弯矩。设计支座桥梁墩顶支座通过调整支座偏心、释放支座约束

(下转第120页)

填土的内摩擦角。

$$K_a = 0.167$$

$$E_a = 0.5 \times 18 \times 4.4 \times 4.4 \times 0.167 = 29.1 \text{ kN/m}$$

$$G = 0.25 \times 3.14 \times 2 \times 2 \times 4.4/2 \times 20 = 138.2 \text{ kN/m}$$

假定地基为坚硬粘性土, $f=0.35$ 。

$K_c = 0.35 \times 138.2/29.1 = 1.66 > [K_c] = 1.20$, 满足要求。

抗倾稳定:

$$K_0 = \frac{\sum M_1}{\sum M_2} \geq [K_0] \quad (5)$$

式中: K_0 为抗倾稳定安全系数; $\sum M_1$ 为作用于基底趾点抗倾覆弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; $\sum M_2$ 为作用于基底趾点覆弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; $[K_0]$ 为允许抗滑稳定安全系数。

对于设计断面采用地勘资料进行复核, 均满足结构安全性要求。

$$M_1 = G \times 0.5 \times D = 158.9 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_2 = E_a \times 0.5 \times H = 64.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$K_0 = 2.48 > [K_0] = 1.40, \text{ 满足要求。}$$

3 结论

本文通过对于岩基陡坡围堰设计条件的分析,

采用钢筋混凝土管挡墙和袋装土结合的重力式围堰结构, 围堰受力条件清晰, 结构安全可靠。常水位正向挡水条件下, 后方袋装土堰体承担水头压力和防渗功能; 低水位条件下, 前排钢筋混凝土管挡墙承担后方袋装土侧向压力。

与袋装土堆土围堰相比, 重力式围堰具有体积较小的特点, 避免了水下大体积抛填袋装土, 减小对河道行洪、通航等功能影响, 节约了施工成本。不仅可以适用于岩基, 也可更广泛的适用于承载力较高的土质地基, 与钢板桩围堰相比, 只需要对岸坡进行局部开挖, 使用过后不需要拔桩。

围堰钢筋混凝土管采用排水工程标准管道, 套内采用脚手架标准钢管, 采用不同尺寸大小的管道拼接和袋装土堆砌, 适应不同的挡水水头要求。

参考文献:

- [1] 王新荣. 深水斜裸岩地质条件双壁钢围堰施工关键技术[J]. 福建建材, 2018(6): 65-67.
- [2] 游中建, 王武海. 深水裸岩河床双壁钢围堰施工技术[J]. 工程技术(引文版), 2016(3): 179-181.
- [3] 刘忠友, 严小卫, 叶跃平, 等. 钢板桩围堰底部嵌岩锚固方法[P]. CN201510120385.
- [4] 李锋, 申永利. 裸岩河床水中基础围堰施工技术[J]. 交通科技, 2016(3): 58-59.

(上接第 90 页)

- [2] He X H, Sheng X W, Scanlon A, et al. Skewed concrete box girder bridge static and dynamic testing and analysis [J]. Engineering Structures, 2012, 39: 38-49.
- [3] 黄平明, 刘宗林. 弹性支承单跨斜梁的分析研究[J]. 中国公路学报, 1996, 9(1): 51-58.
- [4] 冯电, 郭德群, 夏桂云. 考虑弹性支承和剪切变形影响的单跨斜梁温度次内力分析[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2014,

- 11(3): 26-33.
- [5] 刘正旭, 张永健, 康晋. 连续斜梁桥结构特性研究[J]. 湘潭大学自然学报, 2010(3): 42-44.
- [6] 郑雄飞, 吴庆雄. 多梁式斜梁桥的广义梁格法[J]. 福州大学学报(自然科学版), 1998(8): 86-89.
- [7] 夏淦, 等. 截面梯形斜交简支梁的反力特性和计算方法[J]. 重庆交通学院学报, 1999(9): 71-78.