

主梁体系对中小跨空腹上承拱桥受力影响研究

李言坤, 于振华, 张慧健, 吴海彬, 唐 勇

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 空腹上承式拱桥的拱上建筑通常由拱上立柱和桥面系(主梁)组成, 而主梁通常采用简支梁或连续梁体系。对于不同的体系, 主梁与拱上立柱、拱圈的联合作用不同。为研究不同主梁体系对于空腹上承式拱桥受力的影响, 以深圳市某中跨空腹上承式钢结构3连拱桥为例, 对比4种不同类型的主梁体系方案, 并采用MIDAS Civil 2023 V1.1建立全桥分析模型, 对不同方案的桥梁结构内力、位移、动力特性及整体稳定性进行计算比较。研究表明: 当主梁体系采用方案二的3联布置形式时, 主拱受力较佳, 主拱、主梁横向位移控制较小, 且梁-拱的联合作用较强, 整体稳定性好, 但此时需要重点关注主梁下部墩、柱的受力情况。

关键词: 空腹上承式拱桥; 中、小跨径拱桥; 主梁体系; 有限元模拟; 结构受力计算

中图分类号: U448.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)08-0142-07

Study on the Influence of the Girder System on Stress of Hollow Deck Arch Bridge with Medium or Small Spans

LI Yankun, YU Zhenhua, ZHANG Huijian, WU Haibin, TANG Yong

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The arch structure of the hollow deck arch bridge is usually composed of arch column and bridge deck system (girder). Usually the simple-supported beam or continuous beam system is used for the girder. For different systems, the joint function of the girder with the arch column and the arch ring is different. To study the influence of different girder systems on the stress of the hollow deck arch bridge, taking a mid-span hollow deck steel structure three-arch bridge in Shenzhen as an example, four different forms of girder system schemes are compared. And a full bridge analysis model is established using MIDAS Civil 2023 V1.1 to compare and calculate the internal forces, displacements, dynamic characteristics and overall stability of the bridge structure for different schemes. The research results indicate that when the triple arrangement form of scheme II is adopted for the girder system, the girder stress is better, the lateral displacement control of the main arch and the girder is relatively small, and the joint function of girder and arch is stronger. The overall stability is good. But it is necessary to pay special attention to the stress situation of the lower piers and columns of the girder.

Keywords: hollow deck arch bridge; medium-span or small-span arch bridge; girder system; finite element simulation; structural stress calculation

0 引言

上承式拱桥在国内外已有悠久的建造历史, 因其造型优美, 整体性和稳定性均较好, 养护管理较方便, 在工程中被广泛采用^[1]。按拱上建筑形式不同, 上承式拱桥可分为空腹式和实腹式2种类型, 前者由于拱上荷载较轻, 通透性好, 施工方便等, 在许多大跨度拱桥中有较多使用。对于空腹上承式拱桥, 其主梁通常采用简支梁^[2-3]、连续梁^[4-5]或其他结构形式。简支梁的主梁主要作为传力构件, 与拱圈几乎

没有联合作用, 而连续梁的主梁与主拱有一定的联合作用, 可通过合理布置主梁-拱上立柱-主拱间的连接形式, 使全桥结构具有更好的整体性和受力效果。

关于拱上建筑的结构体系对空腹上承式拱桥受力的影响, 已有学者和工程技术人员开展了相关研究。向桂兵等^[6]通过传统拱肋和主梁之间增设刚性斜杆, 加强了结构之间的联合作用, 从而实现了上承式拱桥强度和刚度的提升; 杨克鉴等^[7]通过改变拱上桥墩支座的布置方式来改善墩顶纵向位移, 并对不同支座、不同布置形式的桥上无缝线路梁轨相对位移和轨道结构受力进行分析研究; 魏贤奎等^[8]通过数值模拟计算, 研究了梁跨及支座布置形式对

收稿日期: 2024-09-03

作者简介: 李言坤(1994—), 男, 硕士, 工程师, 从事市政桥梁设计工作。

线路受力变形的影响,最终通过综合比选,得出了最优的梁跨布置形式和支座约束方式,使墩台受力、变形更加合理。

本文根据实际工程案例,建模计算了4种不同类型的中等跨度拱桥主梁体系方案,并研究其对全桥结构受力、变形和动力特性等影响规律。

1 工程概况

1.1 工程背景

该桥位于深圳市阳台山森林公园范围内,公园内共有中小型水库5座。高峰水库为其中最大的水库,跨高峰水库桥主桥采用上承式钢结构拱桥,引桥为连续钢混组合梁,桥梁分幅设计。跨高峰水库桥效果图见图1。



图1 跨高峰水库桥效果图

1.2 结构设计

桥梁单幅宽度13.25 m,左幅跨径布置为5×28 m+80 m+90 m+80 m+6×25 m,桥梁总长542.46 m;右幅跨径布置为5×28 m+80 m+90 m+80 m+3×25 m,桥梁总长477.46 m。

主桥下部结构为钢结构3连拱+直立式单柱墩,

材质选用Q345qC。主拱采用悬链线,左、右幅桥拱圈对齐设置,3个拱的矢跨比为1/2.47~1/2.24,采用6 m×2 m矩形截面钢箱拱,单个拱上均设置3个立柱,间距20~22.5 m,立柱采用八边形断面,尺寸4 m×1.4 m。拱脚设有钢-混凝土结合段,边拱脚基础设计为圆柱形混凝土承台+10根直径1.6 m钻孔灌注桩基础,桩基采用梅花形排列;中拱脚基础设计为矩形承台+9根1.8 m钻孔灌注桩基础。引桥下部结构采用独柱墩+钻孔灌注桩基础。

主、引桥的主梁跨度总体接近,故采用2 m等高度双窄箱钢混组合连续梁(高1.75 m Q345qC钢梁+厚0.25 m C50桥面板),同时等高度主梁的设计也便于顶推施工。

跨高峰水库桥主桥、引桥标准断面图见图2;跨高峰水库桥主桥左幅立面图见图3(左、右幅对称布置,此处仅示意左幅桥)。

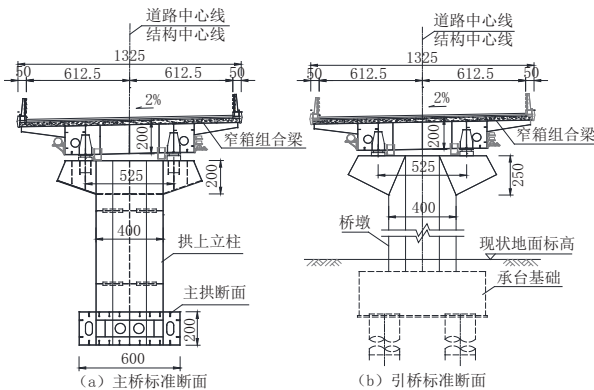


图2 跨高峰水库桥主桥、引桥标准断面图(单位:cm)

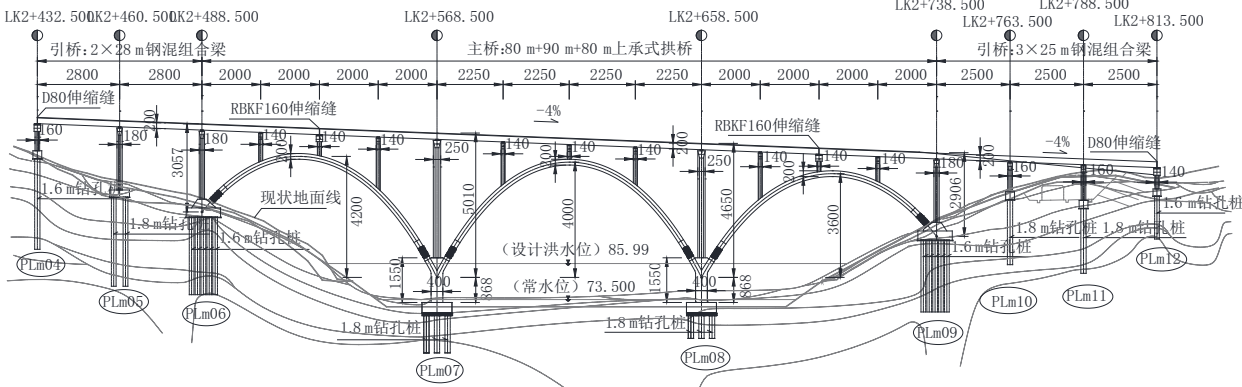


图3 跨高峰水库桥主桥左幅立面图(单位:cm)

2 主梁布置方案及建模

主梁体系的选择通常要从结构受力、施工方案、整体经济等多方面考虑,不同的体系与下部结构的联合作用强弱不同,对整体结构受力的影响也有差别。以上述跨高峰水库桥左幅为例,通过计算,分析不同主梁体系方案对结构整体受力的影响。

为研究主梁体系对结构受力影响的一般性规律,避免引桥跨径、主拱构造、主梁纵坡等因素对分析造成影响,假设跨高峰水库桥的平面、立面为对称布置,拱脚标高相同且桥面无纵坡,计算跨度为80 m+90 m+80 m,两侧引桥跨径为2×25 m,边、中拱矢跨比均为1/3。在此假设条件下,比选4种主梁分联和纵向边界约束方案。不同方案中,除交界墩和拱上短

立柱位置采用纵向活动支座,其余均采用固定支座。

跨高峰水库桥不同主梁布置方案见图4。

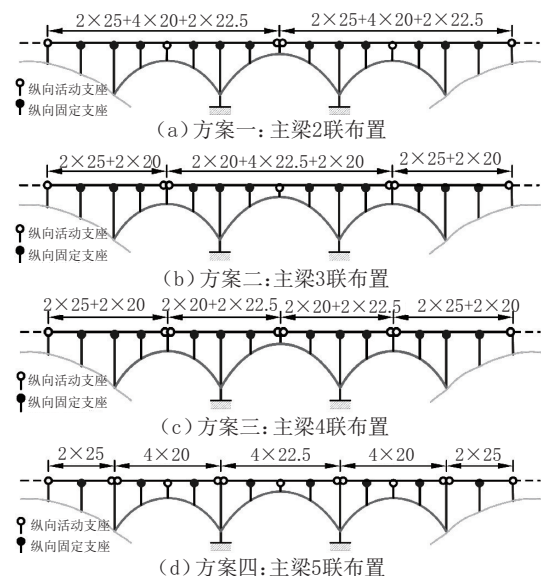


图4 跨高峰水库桥不同主梁布置方案(单位:m)

采用 MIDAS Civil 2023 V1.1 建立三维有限元模型,拱、梁、墩柱结构均采用梁单元模拟,全桥共 1 759 个节点,1 628 个单元。

桥梁 MIDAS Civil 三维有限元模型图见图5。



图5 桥梁 MIDAS Civil 三维有限元模型图

根据地勘资料,计算出桩土作用并施加土弹簧边界,主梁与桥墩、立柱之间采用弹性连接以模拟支座的作用,每个桥墩上横向固定支座为看向大里程方向的右侧支座,支座纵向的约束形式根据不同方案按图4施加。

结构外部荷载包括:自重;防撞护栏、桥面铺装、管线等恒载;温度荷载(整体升、降温,梯度升、降温);基础变位(-10 mm)以及汽车荷载(城A级);运营风(25 m/s)等。

3 主桥总体计算

3.1 静力计算

3.1.1 主拱内力计算

主拱内力计算点主要取其跨度的8等分节点位置,即拱脚节点、主拱与立柱相交节点、相邻立柱间的跨中节点。由于全桥为对称布置,所以仅以主桥一半布置进行分析。

主拱主要计算截面选取点位图见图6。

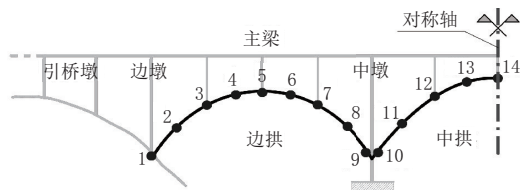
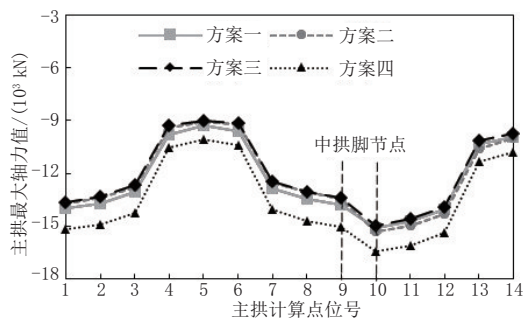


图6 主拱主要计算截面选取点位图

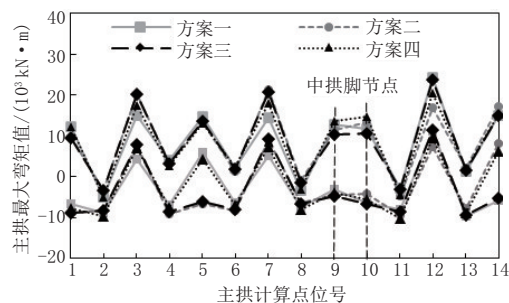
标准组合下,主拱最大轴力图见图7。



由图7可知,4种方案中,方案四的边拱、中拱轴力均为最大,比其他3种方案平均大10%,而其他3种方案轴力比较接近,差值不超过3%。

标准组合下,主拱最大弯矩图见图8;主拱不同点位处的最大、最小竖向弯矩值见表1。

由图8和表1可知,边拱在拱脚和与立柱相交点位1、3、5、7、9处,其弯矩值比拱跨中间节点2、4、6、8处大。边拱的最大弯矩发生在跨中的3、7节点处,且此时方案二、三的弯矩值相比方案一、四更大,最大绝对值差值比约20%~40%;在边拱脚1、9节点处,方案二、三的弯矩值相比方案一、四更大,最大绝对值差值比约10%~30%;对于其他点位处,4种方案的最大弯矩值差别并不明显。



中拱位置的规律与边拱类似,在拱脚和与立柱相交点位10、12、14处,其弯矩值相比拱跨中间节点11、13处大。中拱的最大弯矩发生在跨中的12节点处,且此时方案一、三的弯矩值最大,方案二的弯矩值最小,最大差值比约44%;在中拱脚10节点处,方案二、四的弯矩值相比方案一、三更大,最大绝对值

差值比约 40%;对于其他点位,4 种方案的最大弯矩值总体比较接近。

综合以上可知,不同方案的轴力、弯矩在不同点位处的数值不尽相同,且方案受力的主控因素并不明晰。为了进一步研究主拱受力规律,对主拱组合应力和应力单项进行分析。

标准组合下,主拱组合应力值见图 9;主拱不同点位处的轴向、弯曲应力值见表 2。

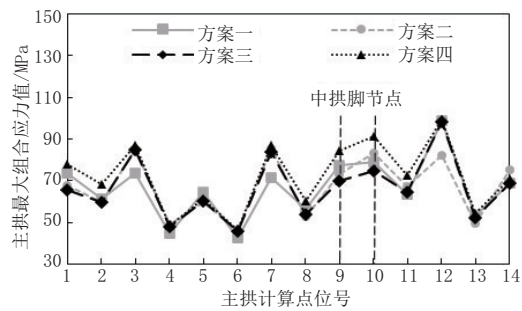


图 9 标准组合下主拱组合应力值

由图 9 和表 2 可知,在主拱与立柱交点处,主拱所受弯曲应力更大,立柱间主拱所受轴向应力更大。但总体而言,应力基本属同一水平,即不同方案的轴力和弯矩均对主拱受力有较大影响。

综合主拱内力和应力计算结果可知:方案四主拱所受内力、应力均偏大,在所有方案中最差;在方案一至方案三中,方案一的边拱和方案二的中拱所受的内力和应力最小,因此,二者为较好的

方案选项。

3.1.2 主梁内力计算

不同方案的主梁内力计算点主要取每跨主梁的跨中和支点位置,由于全桥为对称布置,同样仅以主桥一半布置进行分析。主梁主要计算截面点位图见图 10。

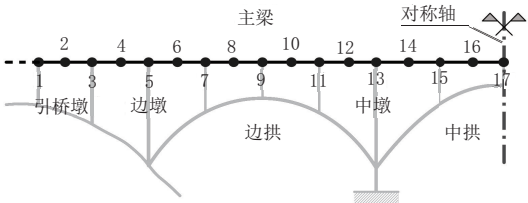


图 10 主梁主要计算截面点位图

考虑到不同方案墩顶均设有较多纵向约束,在温度作用下会产生一定的轴力,据此得到的主梁最大、最小轴力计算结果见图 11。由图 11 可知,方案一、二在主拱范围内的主梁有较大轴向拉力。而比较主梁所受弯矩计算结果(见图 12)可知,主梁虽受一定轴力,但由于下部约束刚度较小,主梁仍以受弯为主。

由图 12 可知,主梁最大正弯矩、负弯矩的位置均发生在引桥段,分别位于 2、3 节点处,此时 4 种方案的主梁弯矩最大值总体比较接近。

标准组合下,主梁不同点位处的最大、最小竖向弯矩值见表 3。

表 1 标准组合下主拱不同点位处的最大、最小竖向弯矩值 单位: $10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

弯矩	方案类型	节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	节点 7	节点 8	节点 9	节点 10	节点 11	节点 12	节点 13	节点 14
最大值	一	12.16	-4.87	14.93	3.98	14.73	2.25	14.53	-3.21	12.83	11.61	-2.82	24.32	1.24	15.04
	二	9.87	-3.33	20.09	3.43	13.39	1.29	21.29	-1.00	11.30	13.35	-4.82	16.87	2.24	17.20
	三	9.43	-3.37	20.07	3.32	13.48	1.83	20.86	-1.30	10.39	10.51	-3.11	23.80	1.71	15.09
	四	12.37	-5.10	17.40	2.66	12.99	2.52	17.97	-2.97	13.66	14.79	-4.50	20.47	1.84	15.24
最小值	一	-6.75	-8.82	4.36	-6.93	6.03	-6.22	5.27	-7.49	-3.06	-6.36	-8.09	11.23	-9.61	-5.73
	二	-8.84	-8.19	7.71	-8.95	-6.53	-8.17	8.91	-6.21	-4.53	-4.18	-9.38	7.34	-7.71	8.20
	三	-8.78	-8.28	7.87	-8.63	-6.17	-8.04	9.15	-6.65	-4.84	-6.53	-8.57	11.46	-9.31	-5.14
	四	-7.65	-9.65	7.10	-7.50	4.38	-6.93	7.33	-7.90	-3.82	-5.43	-10.06	9.40	-8.75	6.15

表 2 标准组合下主拱不同点位处的轴向、弯曲应力值 单位: MPa

应力	方案类型	节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	节点 7	节点 8	节点 9	节点 10	节点 11	节点 12	节点 13	节点 14
轴向最大值	一	-35.2	-34.4	-32.9	-24.6	-23.4	-24.2	-32.3	-33.8	-34.6	-38.0	-37.1	-35.3	-25.9	-25.0
	二	-34.5	-33.7	-32.1	-23.6	-22.8	-23.2	-31.4	-32.9	-33.8	-38.5	-37.6	-35.9	-26.6	-25.2
	三	-34.3	-33.5	-31.8	-23.3	-22.6	-23.0	-31.3	-32.8	-33.7	-37.7	-36.7	-35.0	-25.5	-24.5
	四	-38.2	-37.5	-35.8	-26.5	-25.3	-26.2	-35.4	-37.0	-37.8	-41.3	-40.5	-38.7	-28.5	-27.2
弯曲最大值	一	-37.6	-27.3	-46.1	-21.4	-45.5	-19.2	-44.9	-23.1	-39.7	-35.9	-25.0	-75.2	-29.7	-46.5
	二	-30.5	-25.3	-62.1	-27.7	-41.4	-25.3	-65.8	-19.2	-34.9	-41.3	-29.0	-52.1	-23.8	-53.2
	三	-29.1	-25.6	-62.1	-26.7	-41.7	-24.8	-64.5	-20.6	-32.1	-32.5	-26.5	-73.6	-28.8	-46.6
	四	-38.2	-29.8	-53.8	-23.2	-40.2	-21.4	-55.6	-24.4	-42.2	-45.7	-31.1	-63.3	-27.1	-47.1

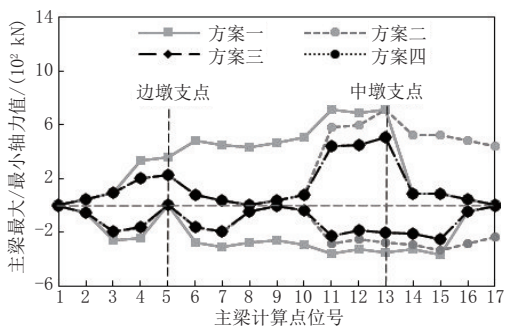


图 11 标准组合下主梁最大、最小轴力图

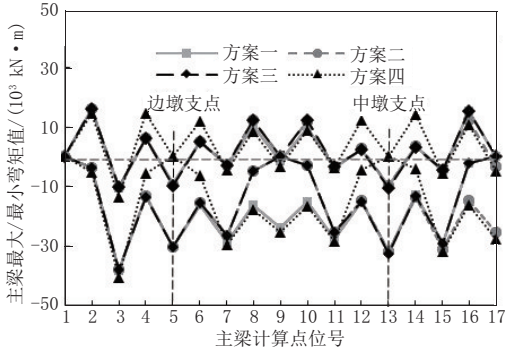


图 12 标准组合下主梁最大、最小弯矩图

由表 3 可知,在主桥区域 4、6、12、14 节点处,方案四相比于其他方案明显有更大的跨中正弯矩,最大绝对值差值比约 100%~400%;在 8、10、16 节点处,不同方案的最大正弯矩总体处于同一水平,最大差值比约 30%。

比较主梁最小弯矩结果可知,在 4~6、12~14 节点处,方案一至方案三的负弯矩绝对值明显更大;而在 8~10 节点处,方案一、四的负弯矩绝对值更大;在 16、17 节点处,方案二、四的负弯矩绝对值更大;在其他节点处,不同方案的最大负弯矩值总体相当。

由以上分析可知,方案一、二由于约束体系的缘故,相比其他方案产生的轴力较大,若上部结构中有混凝土结构,应关注其受力。但总体而言,4 种方案主梁仍以受弯为主,且主、引桥区间最大正弯矩、负弯矩绝对值比较接近,但受力不利区域不同,在实际工程中应根据方案类型的具体主梁区段位置进行

针对性设计。

3.1.3 主墩、立柱内力计算

由于不同方案中主梁与下部结构的联合作用不同,则在活载或温度荷载的作用下,将会使墩柱产生不同的纵向弯矩。为研究不同方案下主墩受力的差异,取主墩、拱上立柱计算节点(见图 13),计算标准组合下的墩柱最大、最小弯矩,见图 14。

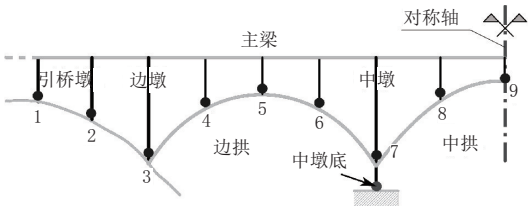


图 13 主墩、拱上立柱计算截面点位图

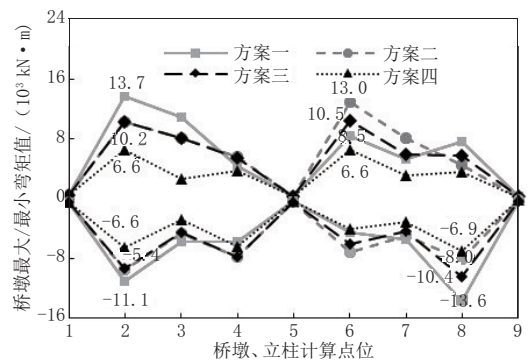


图 14 标准组合下墩柱最大、最小弯矩图

由图 14 可知:墩、柱所受弯矩最大值均出现在方案一中,分别为 2、8 节点处;方案二的 6 号立柱-主拱相交节点处同样有较大的受力;方案四由于主梁分联的长度较短,与下部结构连接较弱,温度荷载等对下部结构的影响较小,所以其所受弯矩最小,受力最好。

此外,位于水中的中墩结构,由于中拱脚与中墩底部有一定距离,将在不对称的上部荷载作用下产生较大的墩底弯矩和水平剪力。标准组合下,不同方案的中墩底断面最大弯矩图、剪力图见图 15、图 16。

表 3 标准组合下主梁不同点位处的最大、最小竖向弯矩值																	单位: 10 ³ kN·m	
弯矩	方案类型	节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	节点 7	节点 8	节点 9	节点 10	节点 11	节点 12	节点 13	节点 14	节点 15	节点 16	节点 17
最大值	一	0	16.2	-10.4	6.4	-8.8	5.0	-2.9	10.3	-1.4	9.6	-3.5	2.3	-9.7	3.4	-4.7	15.5	0
	二	0	16.2	-10.3	6.3	-9.4	5.1	-2.6	12.5	0	12.1	-3.5	2.7	-9.7	3.4	-4.6	12.2	-3.3
	三	0	16.2	-10.3	6.4	-9.6	5.0	-2.8	12.4	0	12.2	-3.3	2.4	-10.5	3.3	-4.6	15.5	0
	四	0	14.8	-13.7	14.6	0	11.9	-4.5	8.7	-3.1	8.8	-3.6	12.4	0	14.2	-5.6	10.8	-4.9
最小值	一	0	-3.8	-38.2	-13.1	-30.2	-16.3	-28.7	-16.3	-23.8	-15.2	-27.8	-15.2	-31.9	-12.8	-29.0	-2.1	0
	二	0	-3.7	-38.0	-13.3	-30.4	-15.5	-26.6	-4.8	0	-2.7	-25.2	-14.9	-31.9	-13.5	-30.9	-14.7	-25.4
	三	0	-3.7	-38.0	-13.5	-30.4	-15.5	-26.3	-4.7	0	-2.9	-25.5	-15.2	-32.6	-13.2	-29.0	-2.1	0
	四	0	-5.3	-40.5	-5.4	0	-6.4	-29.4	-17.6	-25.5	-16.4	-28.5	-4.4	0	-4.1	-32.0	-16.4	-27.5

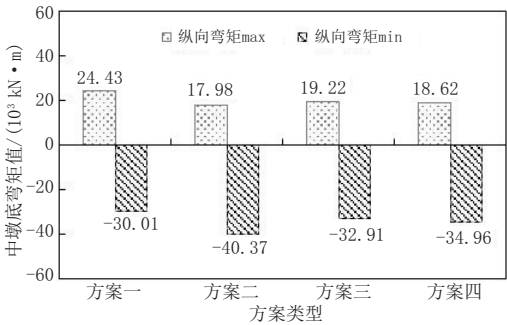


图 15 标准组合下中墩底断面最大弯矩图

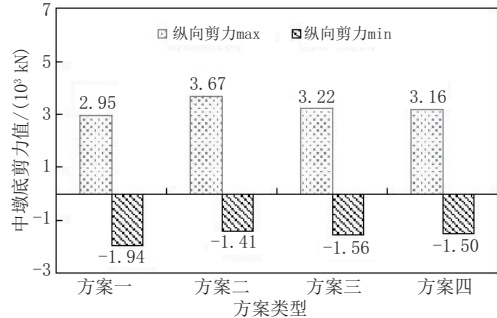


图 16 标准组合下中墩底断面最大剪力图

由图 15、图 16 可见，方案二中墩底断面最大弯矩、剪力均为最大，而方案一均为最小。综合其他墩柱的内力计算情况可知，方案一、二的下部墩柱受力相对不利，应重点关注。

3.2 位移计算

桥梁结构的变形对结构使用具有重大影响。若横向、竖向位移过大，将影响行车的平稳性、安全性和行车舒适性。因此，对不同方案的桥梁结构位移进行了计算。

3.2.1 横向位移计算

标准组合下，主拱最大横向位移图见图 17。

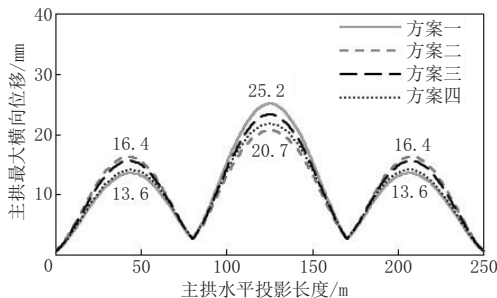


图 17 标准组合下主拱最大横向位移图

由图 17 可知，所有方案的中拱横向变形均大于边拱横向变形。对于边拱，方案二的横向最大位移最大，方案一最小，二者差值比约 20.6%；而中拱则情况相反，方案二横向位移最小，为 20.7 mm，方案一横向位移最大，为 25.2 mm，二者差值比约 21.7%。

标准组合下，主梁最大横向位移图见图 18。

由图 18 可知，主梁的横向变形规律与中拱相似，

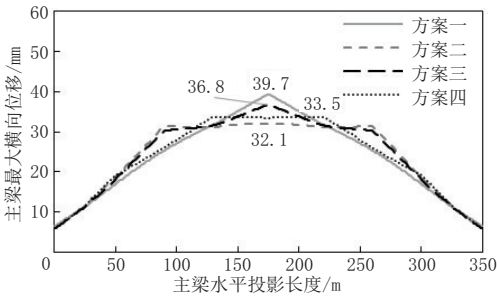


图 18 标准组合下主梁最大横向位移图

此时方案二横向位移最小，为 32.1 mm；方案一横向位移最大，为 39.7 mm，二者差值比约 23.7%。

3.2.2 竖向变形计算

标准组合下，主拱最大竖向位移图见图 19。

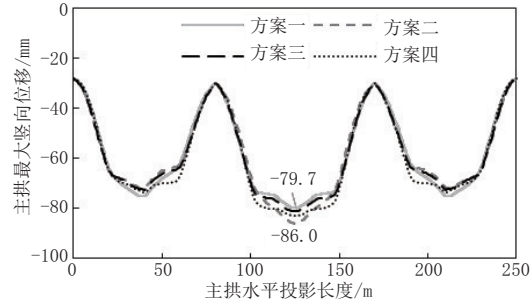


图 19 标准组合下主拱最大竖向位移图

由图 19 可知，不同方案的主拱竖向位移总体比较接近，竖向位移发生的最大位置为中拱拱顶处，其中方案二的主拱竖向位移最大，为 -86 mm；方案一的主拱竖向位移最小，为 -79.7 mm，二者差值比约 8%。

标准组合下，主梁最大竖向位移图见图 20。

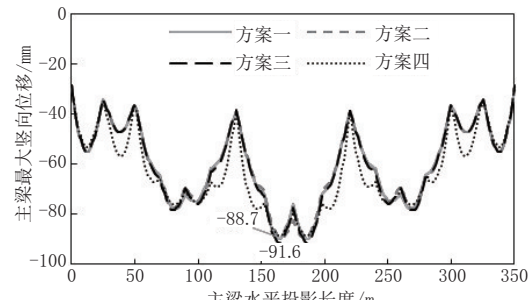


图 20 标准组合下主梁最大竖向位移图

由图 20 可知，在大多数区段，方案一至方案三的主梁最大竖向位移基本接近，方案四则相对更大；但不同方案的主梁最大竖向位移均在中拱范围内的主梁位置，其中方案三最大，为 -91.6 mm，方案四最小，为 -88.7 mm，二者差值比约 3%。

3.3 动力及稳定计算

当主梁的分联断缝位置不同时，将影响全桥结构的整体性，从而对全桥的动力特性也产生一定的影响。

不同方案前 10 阶模态自振频率的计算结果如图

21所示。由图21可见,对于前2阶模态而言,方案四的自振频率明显较小,其余方案则差别不大;第3~10阶模态不同方案的自振频率大小为:方案四<方案三<方案二<方案一。

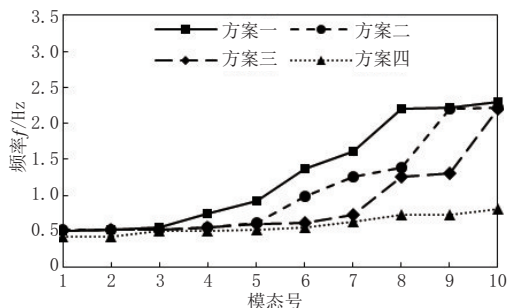


图21 不同方案全桥动力特性分析

不同方案桥梁稳定性分析见图22,分析时以边、中拱脚取得最大轴力为目标来确定最不利活载布置。计算结果显示,方案一至方案三全桥整体稳定性最好,而方案四的整体稳定性最差,但所有方案都满足《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015)中稳定性系数大于4的要求。

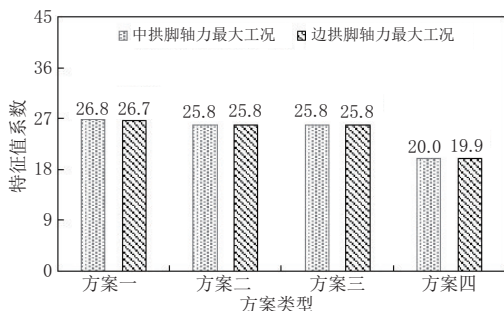


图22 不同方案桥梁稳定性分析

4 结 语

(1)当主梁体系形式采用方案一、二时,主拱受力较好,但下部墩、柱结构纵向弯矩较大;方案四则相反,主拱受力最大,但下部墩、柱等所受纵向弯矩

较小。

(2)由于方案一、二下部结构对主梁约束较多,主梁在温度等荷载作用下会产生较大拉力,对于采用混凝土结构的主梁形式应重点关注。然而,不同主梁体系方案的最大正弯矩、负弯矩绝对值相当,但受力不利位置不同,在实际工程中应根据主梁体系类型的选择,对不同区间的主梁进行针对性设计。

(3)对于不同的主梁体系,桥梁的主拱、主梁横向位移有明显不同。其中方案二横向位移最大值最小,方案一则最大,二者位移差值在20%以上;对于竖向位移而言,不同方案的主梁、主拱竖向位移最大值比较接近,差值在8%以内。

(4)方案四由于梁拱联合作用较弱,其结构整体自振频率和结构稳定系数均明显小于其他3种方案,但总体上所有方案稳定性系数均满足规范要求。

(5)基于计算比较,跨高峰水库桥采用方案二的主梁3联布置体系,全桥整体受力、结构变形等控制相对较好,主梁分联数量少,乘车舒适性高。

参考文献:

- [1] 邵长宇.现代拱桥[M].北京:人民交通出版社,2021.
- [2] 马庭林,徐勇,何庭国,等.水柏铁路北盘江大桥设计[J].桥梁建设,2001(5):25-29;32.
- [3] 周岳武,李凤芹,张亚丽.淮朔铁路黄河特大桥拱上简支t梁支座布置研究[J].铁道工程学报,2012,29(8):49-54;65.
- [4] 李毅谦,季文刚.支井河大桥设计技术创新与施工方案研究[J].公路,2013(1):36-44.
- [5] 王景江.大瑞铁路怒江特大桥主桥施工技术[J].铁道建筑技术,2018(6):47-50;93.
- [6] 向桂兵,谢肖礼.新型上承式拱桥结构体系静力特性分析[J].施工技术(中英文),2023,52(16):127-131.
- [7] 杨克鉴,李凤芹,张亚丽.大跨度上承式钢管混凝土拱桥设计研究[J].铁道工程学报,2008,25(12):66-71.
- [8] 魏贤奎,王平.铁路上承式拱桥梁跨及支座布置形式的影响研究[J].铁道学报,2013,35(9):100-106.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

