

多片拱肋系杆拱桥荷载横向分布系数算法探究

王金龙

(山东高速科技发展集团有限公司, 山东 济南 250002)

摘要:系杆拱桥吊杆横梁弹性支撑在系梁和吊杆连接节点上,是桥梁中直接承受荷载和传力的重要构件。该文采用杠杆法、弹性支撑连续梁法、空间有限元程序算法。分析了3片拱肋系杆拱桥荷载横向分布系数的计算方法,通过对比得出了三者的差异,指出了设计时应予以重视之处。

关键词:系杆拱桥;荷载横向分布计算;杠杆法;弹性支撑连续梁法;空间有限元程序算法

下承式系杆拱桥是一种无推力的拱式组合体系桥,为外部静定结构,兼有拱和梁二者的优点,目前在中国桥下净空受限的平原地区或地基不良等地区得到了越来越广泛的应用。

无论是两片或多片系杆拱桥,都是空间结构,采用空间模型计算较为准确,但是建立空间模型较为繁琐,活载需要用影响面来布载,而且还要处理好桥面板与横梁的连接模拟,这样计算工作量将大大提高。为了简化计算,设计上经常用平面结构来等效处理,活载在各片拱中的分配用横向分布系数来反映,这样既可以大大减少计算工作量,又可满足工程精度的要求。

两片拱肋系杆拱桥在工程上常用杠杆法进行荷载横向分布系数计算,此法对于两片拱肋的情况较为适用。但为了适应现代交通对宽桥面的要求,特别在市政道路上,经常需要建3片或4片拱肋即多片拱肋的系杆拱桥。针对多片拱肋系杆拱桥空间结构平面化处理的关键在于活载横向分布系数的确定,其计算方法的选用极为重要,选择不当可能会对结果造成较大的误差。目前桥梁界普遍按照弹性支撑连续梁的形式进行横向分布计算,文献[1]对等跨等刚度弹性支撑连续梁的各种情况作了阐述,并制定了不同的表格供运用;

文献[2]针对横向不等跨及横梁刚度沿长度变化的情况,运用杆系有限元的基本原理,借助弹簧刚度矩阵,提出了荷载横向分布按弹性支承连续梁的精确解法,并用实桥试验结果进行了验证。但对于多片拱肋系杆拱桥荷载横向分布计算的其他方法研究较少。

该文针对工程实例分别采用杠杆法、弹性支撑连续梁法及空间有限元程序算法进行多片拱肋系杆拱桥荷载横向分布系数计算,并对3种方法的结果进行对比分析,以明确其优劣。

1 杠杆法

杠杆法是将横梁在各片系梁处断开,简支在系梁上,然后根据各支撑点处反力影响线求出各片拱肋的活载横向分布系数。此法对于两片拱肋的下承式系杆拱桥较为适用,但对于多片拱肋情况是否适用也是该文研究的重点。

该文以某下承式钢筋混凝土系杆拱桥为例,桥梁计算跨径60 m,桥面布置为:1.2 m(边拱)+0.25 m(防撞栏杆)+11.25 m(行车道)+0.25 m(防撞栏杆)+1.5 m(中拱)+0.25 m(防撞栏杆)+11.25 m(行车

- *****
- [6] 彭元诚.连续刚构箱梁底板崩裂原因分析与对策[J].桥梁建设,2008(3).
- [7] 吴俊骥,刘汉锡,王惠队,等.连续刚构桥主梁参数优化方法研究[J].铁道科学与工程学报,2017(7).
- [8] 李明燕,方志.预应力混凝土连续刚构桥的参数优化[J].

- 公路工程,2008(1).
- [9] JTGD62-2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [10] 交通部公路科学研究院.高墩大跨径弯桥的设计与施工技术[R],2007.

收稿日期:2018-06-10

作者简介:王金龙,男,工程师,E-mail:976615594@qq.com

道)+0.25 m(防撞栏杆)+1.2 m(边拱)。矢高 12 m,矢跨比 1/5,全桥由 3 片拱肋组成,拱肋为“1”字形截面,系杆为矩形空箱截面;全桥共 13 道横梁(11 道中横梁),中横梁间距4.8 m,相邻两系杆的横向中心间距 13.1 m。系杆拱桥立面布置及横断面图如图 1 所示(内横梁编号从拱脚至跨中依次为 1~6)。

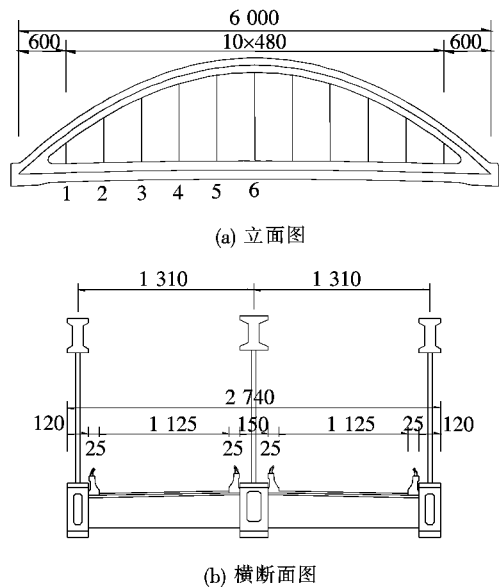


图 1 系杆拱桥立面图、横断面图(单位:cm)

边、中拱荷载横梁反力影响线如图 2 所示,在影响线上加载并考虑多车道荷载横向折减,求得按照杠杆法计算的拱肋横向分布系数,边拱为 1.38、中拱为 1.91。

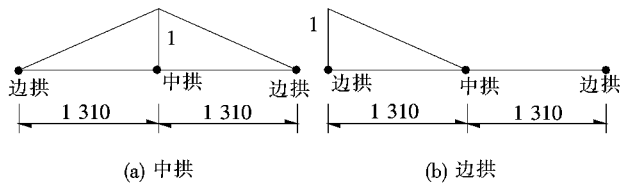


图 2 横梁反力影响线(单位:cm)

杠杆法算出的活载横向分布系数沿桥纵向无变化,中拱活载横向分布系数比边拱大 38%。究其原因,在结构受力时中拱承受左右两侧桥面传来的车道荷载,而边拱主要承受本侧桥面传来的车道荷载,因此中拱的荷载横向分布系数要大于边拱。所以对于多片拱肋系杆拱桥,中拱系梁及拱肋截面均需适当比边拱大。

2 弹性支承连续梁法

弹性支承连续梁法是把横梁作为弹性支承在系梁上的多跨连续梁(图 3),求出连续梁各个支点的反力影响线,并在影响线上布载求得各片拱的活载横向分

布系数。与文献[1]、[2]算法不同,该文利用空间有限元程序计算出系梁、横梁及吊杆交点处的弹性支撑刚度 K ,此刚度系数可综合反映系梁、横梁、吊杆及拱肋的联合作用;再利用平面杆系有限元程序计算各横梁边、中拱处横梁反力影响线,进而求得边、中拱各横梁处活载横向分布系数。

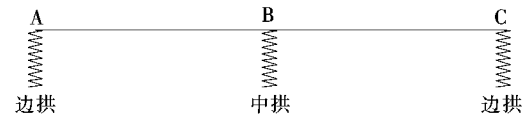


图 3 弹性支撑连续梁法计算模型

利用 Midas 空间有限元程序求出各边、中拱肋系梁与横梁交点处刚度系数,再利用桥梁博士平面杆系有限元程序求出横梁边、中拱处的反力影响线,见表 1。

表 1 横梁反力影响线——弹性支撑连续梁法

横梁号	边拱			中拱		
	A	B	C	A	B	C
1	0.909	0.146	-0.091	0.182	0.708	0.182
2	0.889	0.173	-0.111	0.221	0.654	0.221
3	0.887	0.183	-0.113	0.226	0.635	0.226
4	0.892	0.181	-0.108	0.215	0.638	0.215
5	0.901	0.177	0.0992	0.198	0.645	0.198
6	0.904	0.175	0.0956	0.191	0.650	0.191

在反力影响线上进行活载布载,求得各边、中拱的活载横向分布系数,如表 2 所示。

表 2 拱肋横向分布系数——弹性支撑连续梁法

横梁号	边拱	中拱
1	1.31	1.87
2	1.32	1.78
3	1.33	1.74
4	1.34	1.75
5	1.34	1.76
6	1.34	1.76
均值	1.33	1.78

由表 2 可知:无论是边拱还是中拱,荷载横向分布系数沿纵桥向略有变化,但变化不大,其中边拱活载横向分布系数沿纵桥向增加,跨中横梁处比端部横梁处大 2.3%;中拱活载横向分布系数沿纵桥向减小,中横梁处比端横梁处小 5.1%。

另外,与杠杆法类似,中拱横向分布系数比边拱都

偏大,平均大 33.8%左右。

3 空间有限元程序算法

空间有限元程序算法,是直接在空间结构上作用单位力,先求出各横梁的支反力影响线,再在影响线上加载,求出活载横向分布系数。此法是一种较为精准的方法,因为在求其反力影响线时已考虑了系梁对横梁的竖向、转动和扭转刚度,同时也体现了桥梁结构的整体效应,因此可以把该结果作为与杠杆法和弹性支撑支反力法对比的理论计算结果。

用 Midas 空间有限元程序,在横梁上沿横桥向施加单位竖向力,求出单位力在各个加载位置时边拱或中拱两端支座反力之和,运用此法可以求得横梁的反力影响线,如表 3 所示。

表 3 横梁反力影响线——空间有限元程序算法

横梁号	边拱			中拱		
	A	B	C	A	B	C
1	0.972	0.055	-0.027	0.055	0.890	0.055
2	0.950	0.101	-0.051	0.101	0.799	0.101
3	0.932	0.136	-0.068	0.136	0.727	0.136
4	0.920	0.160	-0.080	0.160	0.680	0.160
5	0.913	0.173	-0.087	0.173	0.653	0.173
6	0.910	0.178	-0.089	0.178	0.643	0.178

在反力影响线上进行活载布载,求得各边、中拱的活载横向分布系数,如表 4 所示。

表 4 拱肋横向分布系数——空间有限元程序算法

横梁号	边拱	中拱
1	1.31	2.04
2	1.32	1.99
3	1.33	1.85
4	1.34	1.77
5	1.35	1.71
6	1.36	1.70
均值	1.34	1.86

由表 4 可知:与弹性支撑连续梁法变化规律类似,边拱活载横向分布系数沿纵桥向增加,跨中横梁处比端部横梁处大 4.7%;中拱活载横向分布系数沿纵向减

小,跨中横梁处比端部横梁处小 20%,中拱变化较大,应引起设计者重视。另外,中拱横向分布系数比边拱都偏大,平均大 38.8%左右。

4 结论

(1) 中拱活载横向分布系数都比边拱要大 30%~40%,这是由于边拱、中拱所承受的桥面车道荷载数量不同所致,因此设计时中拱系梁及拱肋截面尺寸需适当比边拱大。

(2) 边拱活载横向分布系数沿纵桥向变化不大,可取其均值,而空间有限元程序算法中中拱沿桥纵向变化较大,中拱端部横梁处比中部横梁处偏大,设计时要引起重视。

(3) 弹性支撑连续梁法求得的活载横向分布系数普遍偏小,中拱均值比杠杆法小 7.3%,比空间有限元程序算法小 4.5%。建议对于大跨径系杆拱桥,由于活载所占比例较小,使用弹性支撑连续梁法并不会引起太大误差,但是对于中小跨径系杆拱桥,为防止出现中拱肋处偏差较大而引起安全系数降低的情况,设计者应慎重使用。

(4) 杠杆法算取的活载横向分布系数均值比弹性支撑连续梁法和空间有限元程序算法偏大,边拱比空间有限元程序算法大 4.5%,中拱比其大 2.7%。

虽然空间有限元程序算法更为精确,能充分考虑系梁、拱肋及横梁之间的相互约束作用,但是考虑时需要建立空间模型且还需求解各横梁边、中拱反力影响线,过程较为繁琐,为提高工作效率建议对于多片系杆拱桥采用杠杆法进行设计计算。

参考文献:

- [1] 胡肇滋.桥跨结构简化分析——荷载横向分布[M].北京:人民交通出版社,1996.
- [2] 李新生,申永刚,项贻强.空间梁拱组合体系桥梁荷载横向分布计算[J].武汉理工大学学报,2001(4).
- [3] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
- [4] 金成棣.预应力混凝土梁拱组合桥梁:设计研究与实践[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [5] 范立础.桥梁工程[M].2版.北京:人民交通出版社,1993.
- [6] 李国豪,石洞.公路桥梁荷载横向分布计算[M].北京:人民交通出版社,1987.