

大跨度钢管砼拱桥拱肋施工阶段 风致响应研究

肖勇刚, 陈文科, 王侃

(长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要:以贵州大小井特大桥主桥施工为依托,利用 ANSYS15.0 建立缆索吊装施工方法下最大悬臂状态有限元空间分析模型,分析大跨度钢管砼拱桥在静力风和脉动风作用下,最大悬臂状态、最大悬臂前一节段和前两节段 3 种施工阶段拱肋的位移响应。

关键词:桥梁;钢管砼;拱桥;风致响应;脉动风;静力风

中图分类号:U442.5

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)05-0108-03

大跨度钢管砼拱桥拱肋施工的抗风性能非常重要。许多学者对此也进行了研究,如于洪刚等对大跨度钢管砼拱桥进行了气动参数及静风稳定性分析;黄传胜等对大跨度拱桥的施工稳定性进行了静风稳定性分析;崔飞等运用 MIDAS/Civil 对整个裸拱进行时程分析,得出了拱肋的动力响应;卢斌等对主拱肋最大悬臂状态风偏角影响因素进行了研究。该文以贵州大小井特大桥为例,分析大跨度钢管砼拱桥拱肋施工阶段的风致响应。

1 工程概况

大小井特大桥位于贵州省罗甸县,主跨 450 m,全长 1.5 km,是目前世界上山区最大跨径上承式钢管砼拱桥。桥面宽 24.5 m,双向四车道,设计车速 80 km/h。主跨矢跨比 1/4.5,拱轴线采用二次抛物线。主拱圈由 2 片拱肋通过不同支撑构成,单拱肋是由 4 根 $\phi 1.36$ m 钢管组成的空间桁架结构,主跨布置见图 1。

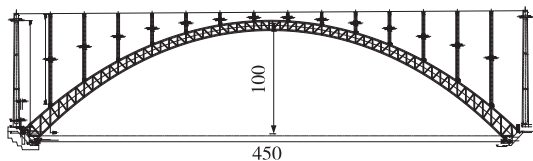


图 1 桥型布置示意图(单位:m)

主拱圈采用缆索吊装施工方法,每个阶段吊装完成后拱肋的风致响应控制和整个拱肋的稳定性是建设中需解决的问题之一,而最大悬臂状态下拱肋的风致响应更具有代表意义。因此,利用有限元软件 ANSYS 对最大悬臂状态下拱肋及最大悬臂状态

前一节段、前两节段进行静力风和脉动风作用下动力响应仿真分析。

2 施工工艺流程

主拱圈从拱脚至拱顶共划分为 14 个节段,全桥共分为 58 个吊装节段(见图 2),最大节段吊装重量约 160 t。

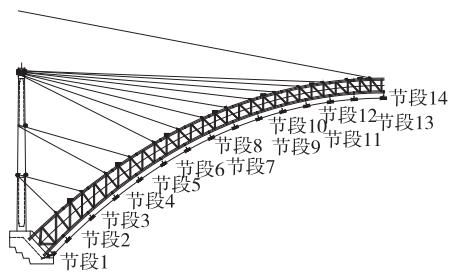


图 2 拱肋最大悬臂状态

(1) 吊装平塘岸(或罗甸岸)第一节段右侧拱肋桁片就位,挂扣、背索,测量并确认拱肋高程和轴线满足设计要求,锚固扣、背索。

(2) 吊装罗甸岸(或平塘岸)第一节段右侧拱肋桁片就位,挂 1 号扣、背索,测量并确认拱肋高程和轴线满足设计要求,锚固扣、背索。

(3) 将承重索索鞍横移至左侧拱肋正上方,锚固索鞍。

(4) 先后吊装两岸左侧第一节段拱肋桁片,挂扣、背索,测量并确认拱肋高程和轴线满足设计要求,锚固扣、背索,同时安装左右侧拱肋间平联、横联。再吊装两岸左侧第二节段,将承重索移到右侧拱肋正上方,锚固索鞍。

(5) 按照以上顺序吊装拱圈。

3 静力风作用下拱肋施工中位移分析

3.1 有限元分析模型

采用 ANSYS15.0 建立 3 个施工阶段有限元分析模型,其中施工阶段一为拱肋最大悬臂状态(即前 14 节段,拱肋的最大悬臂状态见图 2),施工阶段二为前 13 节段,施工阶段三为前 12 节段。有限元分析模型中拱肋、系梁、横撑及立柱采用空间梁单元(Beam44 单元)模拟,拉索采用空间杆单元(Link10 单元)模拟。

3.2 基本处理方法

(1) 采用节点代替关键截面的方法,用节点的位移代替截面的位移,施工阶段一包括截面 1~4,施工阶段二包括截面 1~5,施工阶段三包括截面 1~6(见图 3)。

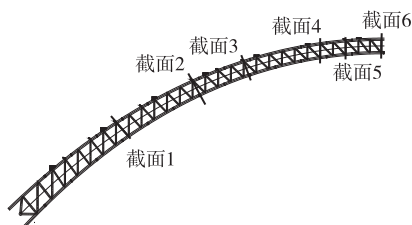


图3 拱肋关键截面

(2) 因为钢结构基本不作用其他力,所涉及的材料可看作为理想的弹性材料。

(3) 采用当地 50 年基本风压作为静力风荷载的依据。

3.3 静力风荷载基本参数

静力风速受高度变化影响较大,分析中考虑高度变化的影响。静力风荷载作用于结构物上,需考虑三分力系数对结构的影响。拱肋的静力三分力系数通常由风洞试验测得,由于缺乏试验资料,参考已知类似界面三分力系数,得出静风计算的基本参数(见表 1)及静力荷载作用于裸拱上的静力风。

表 1 静风计算的基本参数

$\alpha/(^{\circ})$	阻力系数	升力系数	力矩系数
0	1.15	-0.05	-0.04
3	1.17	-0.22	0.02
-3	1.18	0.12	-0.12
5	1.20	0.22	-0.15
-5	1.22	0.24	-0.15

3.4 静力计算结果与分析

取阻力作为主要荷载作用于桥梁结构,同时考

虑拱肋高度的影响,计算各施工阶段拱肋的横风向位移、竖风向位移、扭矩位移,结果见图 4~6。

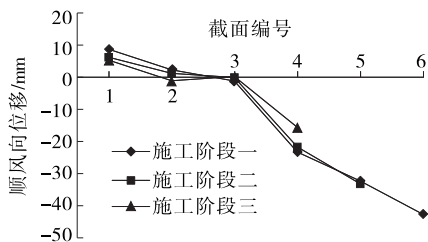


图4 静力风作用下不同施工阶段的顺风向位移

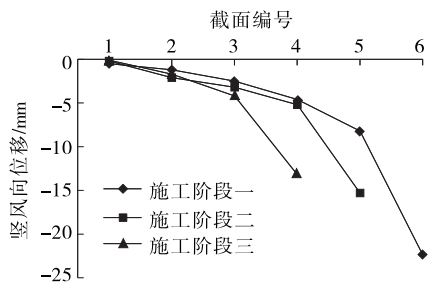


图5 静力风作用下不同施工阶段的竖风向位移

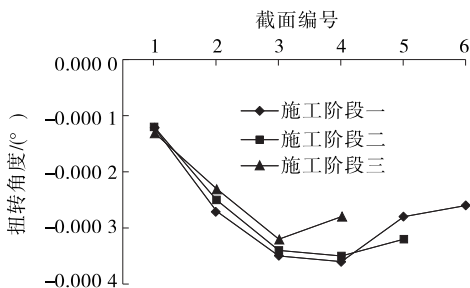


图6 静力风作用下不同施工阶段的扭转角度

由图 4~6 可知:静力风作用下,顺风向位移响应最大,竖风向位移响应次之,转角位移响应最小;不管是竖风向位移还是顺风向位移,每个施工阶段的位移响应从拱脚到拱顶不断增大,并随着跨度的增大,位移增大幅度变大;每个施工阶段各截面的扭转角度先变大后变小,但变化不大。

4 脉动风作用下拱肋施工中位移分析

根据当地风速条件,以 B 类场地采集的脉动风作为风荷载基础,将采集的风荷载时程作用于施工期间拱肋,分析各施工阶段拱肋的位移响应,结果见图 7~10。

由图 7~10 可知:在施工阶段一,各截面位移响应从拱脚到拱顶不断增大;3 个施工阶段的位移响应增长一致,但相比施工阶段二、三,施工阶段一各截面的位移有一定增长,且增长幅度较大;在施工阶

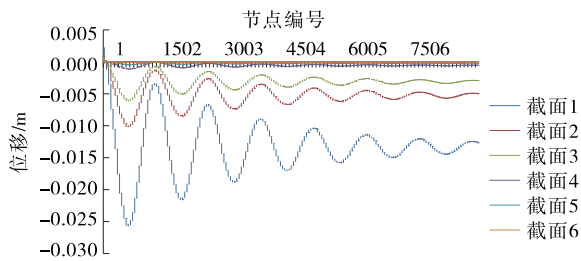


图7 脉动风作用下施工阶段一的位移响应

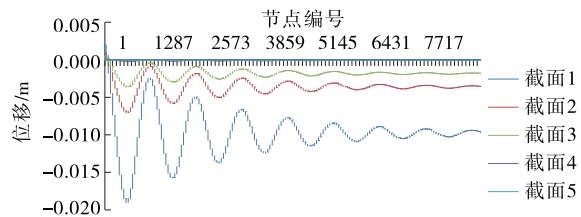


图8 脉动风作用下施工阶段二的位移响应

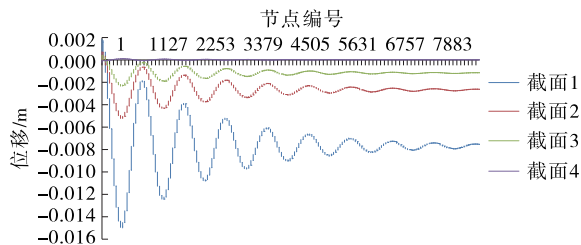


图9 脉动风作用下施工阶段三的位移响应

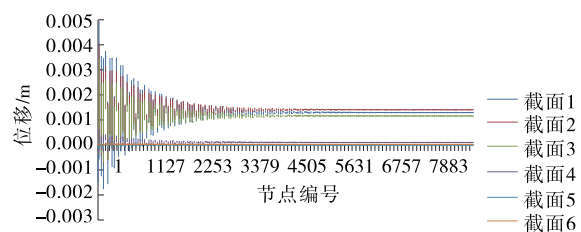


图10 脉动风作用下的横向缆风位移响应

段一作用横向缆风索时,拱顶位移响应明显减小。

5 结论

(1) 比较静力风、脉动风作用下拱肋位移响应,

脉动风的作用更能表现施工过程中风荷载的作用,建议取脉动风作用下的动力响应作为该桥抗风依据。

(2) 拱肋施工过程中,随着施工节段不断增加,脉动风、静力风作用下各截面的位移不断增大,施工中需控制拱肋在风荷载作用下的位移变化。

(3) 该拱桥拱肋施工过程中,可每隔一定间距施加横向缆风索控制拱肋的位移响应。

参考文献:

- [1] 于洪刚.大跨度拱桥气动参数识别及风致响应研究[D].上海:同济大学,2008.
- [2] 黄传胜.大跨钢管砼拱桥整体吊装施工稳定性分析与抗风研究[A].中国钢结构—混凝土组合结构分会第十一次年会论文集[C].2007.
- [3] 崔飞.大跨度拱桥施工阶段的风致响应及抗风研究[D].武汉:武汉理工大学,2013.
- [4] 卢斌,胡兆同.大跨度钢管混凝土拱桥整体吊装法施工的抗风研究[J].世界桥梁,2015,43(3).
- [5] 程进,江见鲸,肖汝诚,等.静风荷载作用下大跨度钢拱桥施工稳定性的参数研究[J].计算力学学报,2003,21(4).
- [6] 徐旭,屈应辉,刘玉.两类建筑结构脉动风场的数值模拟[J].上海大学学报:自然科学版,2009,15(2).
- [7] 张天顺.山区大跨度拱桥施工期抗风性能研究[D].成都:西南交通大学,2014.
- [8] 王宇.大跨度桥梁在施工过程中的抗风分析[D].成都:西南交通大学,2002.
- [9] 郑史雄,廖海黎,周述华.大跨度刚构桥悬臂施工状态的抗风性能研究[J].西南交通大学学报,2001,36(1).
- [10] Chen X, Kareem A. Nonlinear response analysis of long-span bridges under turbulent winds[J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2001,89(14).

收稿日期:2018-12-23

关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:1) 本刊没有官网,也从未以任何方式授权其他单位和个人在互联网上建立网站,互联网上以“公路与汽运”名义建立的网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。2) 本刊唯一的投稿邮箱是 gongluyuqiyn@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。3) 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。

公路与汽运