·基础理论研究 ·

大跨度钢引桥力学性能的 ANSYS分析

陈 哲, 王松亭, 刘林超, 姚庆钊, 黄学玉

(信阳师范学院建筑工程系,河南信阳 464000)

摘 要:利用大型有限元 ANSYS软件对大跨度钢引桥进行了特征值分析,并针对 5种不同工况进行静力 分析,得到大跨度钢引桥固有频率及固有振型以及 5种工况下各构件的最大 Von Mises等效应力,并对计算结 果进行了分析讨论.

关键词: Ansys;大跨度;钢引桥;有限元

中图分类号: U448 27; TB115 **文献标识码**: A

1 工程概况

本钢引桥为某工程原油码头的引堤,采用拱式钢桁架 结构,每座跨度 108 m,宽 7.3 m,矢高 13.5 m,节间距 6 m +128 m +6 m = 108 m,主桁架采用钢箱梁,人行、车行铺面 布置在钢引桥桥面中间 3.5 m范围内,两侧架空不铺设桥 面板走管道,桥面板采用 8 mm厚的扁豆形花纹钢面板,桥 面纵梁选用 HN250 ×125宽翼缘 H型钢,布置在桥面铺桥 面板的范围内,共 11道,间距 0.35 m,钢引桥中横主梁选 用 HM600 ×300(14厚)中翼缘 H型钢,端横主梁选用 600

×600 ×12钢箱梁 (每端两根),横主梁布置在钢引桥的主 桁节点处,主要受力构件钢材采用 Q345钢,次要受力构件 钢材采用 Q235钢,焊条采用 E43、E50系列,高强螺栓采用 10.9 S级.钢结构防腐:所有钢结构构件均应做喷砂除锈, 除锈等级 Sa2 5.然后涂环氧富锌底漆;环氧云铁中间漆两 道;氯化橡胶面漆两道.干膜总厚度不小于 150 μ m,保护 年限不小于 10 y;基本风压 1.0 kN/m²,相当于 10 min平均 风速 40 m/s.

2 模型建立

结构计算采用大型有限元软件 Ansys进行计算,计算 模型为了简化,不建桥面板、次梁构件,由于横梁前面已单 独计算,故计算模型把桥面系的荷载都换置到钢引桥主桁 下弦杆的节点上.计算模型中构件型式及单元的选用如表 1,建立的有限元模型如图 1.

3 荷载计算

恒载的计算,这里,恒载的计算主要包括桥面板和次梁的荷载¹¹,经计算桥面板荷载为 5.16 kN/m,次次梁荷载为 7.32 kN/m,所以恒载就为桥面板荷载 +次梁荷载 = 12.48 kN/m.

活载包括人群荷载、叉车荷载、工艺管道荷载.人群荷

作者简介:陈 哲(1969-),男,河南信阳人,讲师,研究方向:有限元分析. 156

文章编号:1003-0972(2006)02-0156-03

载为 3 kN/m² 的均布荷载,化为线荷载作用为 3 x8 = 24 kN/m;原油管线 50 kN,泡沫管线 15 kN,给水管线 7 kN,冷 却水管线 12 kN,污水管线 7 kN,蒸汽管线 3 5 kN,叉车荷 载满载时为 58 kN,其轮距为 0 96 m;工艺管道荷载根据工 艺条件 7 m节间距计算:

表 1 构件型式和单元类型

Tab. 1 Component and Unit of Beam

构件	构件尺寸 /mm		单元形式
中间上弦杆	500 ×750 ×14	钢箱梁	beam188梁单元
过渡上弦杆	500 ×750 ×25	钢箱梁	beam188梁单元
端部上弦杆	500 ×750 ×32	钢箱梁	beam188梁单元
下弦杆	500 ×750 ×14	钢箱梁	beam188梁单元
竖腹杆	500 ×500 ×14	钢箱梁	beam188梁单元
桥门架	HM 300 ×500 ×11 ×18	H型钢	beam188梁单元
上平联	HW 250 ×250 ×9 ×14	H型钢	link8杆单元
上横梁	HW 300 x300 x10 x15	H型钢	beam188梁单元
下横梁	HM 300 ×600 ×14 ×23	H型钢	beam188梁单元
端下横梁	600 ×600 ×12	钢箱梁	beam188梁单元
下平联	HW 250 ×250 ×9 ×14	H型钢	link8杆单元
门楣	2[16	槽钢	link8杆单元

一侧计算为:原油管线 +泡沫管线 +给水管线 = 72 kN,化为 8 m的节间距为:728/7 = 82 3 kN.

另一侧计算为:原油管线 +冷却水管线 +污水管线 + 蒸汽管线 = 72 5 kN,化为 8 m的节间距为:72 58/7 = 82 8 kN.

故两侧工艺管线荷载为了简化计算均按 83 kN/带点 计算,作用点距主桁下弦内边线 1.0 m.

为了便于计算,我们将桥面纵梁、桥面板重力作用化为 主桁下弦节点上的集中力,分别作用在 8 m间距的节点,8 m、6 m过渡节点,6 m端节点,计算结果为:

8 m间距的节点为 21.84 kN/节点,8 m、6 m过渡节点 为 18.8 kN/节点,6 m端节点为 8.1 kN/节点,钢引桥其余

收稿日期: 2005-05-09

部分自重由计算程序自动加载计算.

风荷载根据《公路桥涵设计通用规范》(JTJ021-89)中 有关风荷载计算的规定计算^[2]:横向风压 W 为 2 2 kPa 按 管道高取 1.2 m 计算可得横风力为 1 204.7 kN,将横风力 平分到钢引桥上下弦杆的节点上(2个端节点不计),故每 个节点上的集中力为 46.3 kN/带点.

4 材料属性和边界条件

由于钢引桥全部为钢材安装连接,钢的密度 7 850 kg/m^3 ,弹性模量 $E = 2.1 \times 10^{11}$ Pa.

我们分起吊安装、刚安装完成加最大横风作用、营运 (管道一侧加载)加最大横风作用、营运(管道两侧加载)加 最大横风加人群荷载作用、营运(管道两侧加载)加人群荷 载作用共 5种工况进行分析 .其中起吊安装情况下的边界 条件为 8个节点竖向约束,桥面系 1个角点双向水平约束, 1个角点单向水平约束.其余 4种情况下的边界条件相同, 只是作用荷载不一样,其余 4种情况下的边界条件为:桥面 系 1个角点双向水平约束 (x, z方向), 2个角点单向水平约 束 (x方向, z方向), 1个角点水平不约束, 4个点竖向都约 束 (y方向).

5 特征值分析

通过有限元程序计算出钢引桥前 4个固有振型的固有 频率及振型形状,见图 1至图 4. 从模态图可以看出,各阶 固有振型的频率变化非常小,大概在 1.541~2 674之间变 化,而结构的破坏往往发生在前几阶频率 . 所以,如果当地 风荷载的风振周期在 1.541~2 674之间变化,就有可能引 起共振失稳和风致振动,这一点需要引起特别注意,也就是 说,在设计时尽量使钢引桥的固有频率避开外界风荷载的 频率,从而避免发生共振现象 .



图 1 第 1阶振型 Fig. 1 Nephograph of fist mode





图 3 第 3阶振型 Fig. 3 Nephograph of third mode

2

图 4 第 4阶振型 Fig. 4 Nephograph of fourth mode

工 况	起吊安装	刚安装完成加 最大横风作用			营运 (管道两侧加载)
构件	/MPa	取八頃八日の	加取八頃八日而	加取八頃八加八件的和日田	
		/MPa	/MPa	/MPa	/MPa
中间上弦杆	89. 5	85. 7	123. 0	143. 0	109. 0
过渡上弦杆	27. 7	75. 8	105. 0	109. 0	73. 2
端部上弦杆	25. 0	66. 3	89. 1	95. 7	70. 5
下弦杆	86.1	94. 7	110. 0	155. 9	115. 0
竖腹杆	108. 0	69.8	92. 3	94. 3	48. 1
桥门架	12.9	87. 2	113. 0	104. 0	32.9
上平联	< 6. 1	+5.8, -46.6	+5.5, -58.7	+12.9, -65.4	- 40. 2
上横梁	7.3	58.6	71. 6	80. 7	43. 9
下横梁	5. 1	40. 2	42. 3	52.0	25. 0
端下横梁	3. 1	65. 8	88. 2	73. 2	20. 4
下平联	< 6. 1	+62.4, -42.7	+69, -40	+76. 9, - 28. 2	39. 1
门楣	< 6. 1	+17.3, -20.3	+ 16. 3, - 18. 6	+18.5, -19.2	7.6

表 2	各构件的最大 Von Mises等效应力
Tab. 2 The	largest e equivalent s tresses of members

.

6 Von Mises等效应力计算结果及其分析

通过有限元分析,我们得到了 5种工况下各构件的最 大 Von Mises等效应力 (Mpa) 见表 2, 通过计算分析我们可 以得到以下结论:一、在风荷载参与组合的工况中:钢引桥 竖向主桁 (上、下弦杆、竖腹杆)的最大等效应力 (Von Mises)为 155.9 MPa, 主桁构件钢材设计采用 16 Mn钢 (屈服 应力 340 Mpa,与 Q345 钢强度相当),其弯矩容许应力 [] =210 Mpa, 大于设计值,安全储备系数为: 210/155.9= 1. 34,钢材容许应力可以提高 1. 25倍,提高后的容许应力 为 1. 25 ×210 = 262 5 MPa, 提高容许应力后的安全储备系 数为: 262.5/155.9=1.68.其他水平连接构件,最大等效应 力 (Von Mises)为 113 MPa, 主桁构件钢材设计采用 A3钢 (与 Q235钢强度相当),其弯矩容许应力 []=145 MPa,大 于设计值,安全储备系数为:145/113 = 1.28,根据《公路桥 涵设计通用规范 》、《公路桥涵钢结构及木结构设计规范 》中 的规定^[2~3],风荷载为其他可变荷载,与风荷载组合时属组 合 II.钢材容许应力可以提高 1.25倍,提高后的容许应力为

1. 25 x145 = 181. 3 MPa, 提高容许应力后的安全储备系数 为:181. 3/113 = 1. 60. 二、在风荷载不参与组合的工况中: 钢引桥竖向主桁(上、下弦杆、竖腹杆)的最大等效应力 (Von Mises)为 115 MPa,主桁构件钢材设计采用 16Mn钢, 大于设计值,其他水平连接构件,最大等效应力(Von Mises)为43. 9 MPa,主桁构件钢材设计采用 A3钢(与 Q235 钢强度相当),大于设计值.通过计算知钢引桥最大变形为 14. 4 m,根据《港口工程钢结构设计规范》(JTJ283-99)规 定^[4],钢引桥的绕度容许值为 L/700 = 15. 4 cm,故挠度满足 设计要求.

由此可见,利用大型有限元软件 Ansys对结构进行仿 真分析,在保证计算结果准确程度的前提下,可以大大节省 工作量,并且可以根据自己的需要编写相应的有限元子程 序,进行 Ansys有限元分析的二次开发.在进行 Ansys有限 元仿真分析时,关键在于有限元模型的建立和单元类型的 选取,这一点需要引起足够的重视.

参考文献:

- [1] 交通部第一航务工程勘察设计院,交通部第二航务工程勘察设计院.港口工程荷载规范(JTJ215-98)[S].北京:人民 交通出版社,1998
- [2] 中交公路规划设计院 . 公路桥涵设计通用规范 (JTJ021-89) [S]. 北京:人民交通出版社, 2004.
- [3] 交通部公路规划设计院.公路桥涵钢结构及木结构设计规范[S].北京:人民交通出版社,1998
- [4] 中交公路规划设计院 .港口工程钢结构设计规范 (JTJ283-99) [S].北京:人民交通出版社,2000.

ANSYS Analysis of Mechanical Properties of Long Span Steel Bridge CHEN Zhe, WANG Song-ting, LIUL in-chao, YAO Qing-zhao, HUANG Xue-yu

(Department of Civil Engineering, Xingyang Normal University, Xinyang 464000, China)

Abstract: The eigenvalue analysis and statics analysis to five different cases of Long span steel bridge are implemeated by using ANSYS, natural frequencies and models for stability of long span steel bridge are discussed, the max equivalent Von M ises Stresses in five different cases are determined

Key words: ANSYS; long span; steel bridge; finite element

责任编校:郭红建

158