

不同规范计算钢桁架桥横向风荷载的差异

周莹, 耿高飞

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 外海港口中的钢桁架桥受风荷载作用较大, 风荷载甚至可能成为钢桁架桥的主要荷载。而《港口工程荷载规范》和《公路桥涵设计通用规范》两种规范对风荷载的计算模式存在一定差异。通过对某码头上一座90 m钢桁架桥的计算比较, 分析不同规范下的参数取值及结果, 给出对横向风荷载计算的建议。

关键词: 钢桁架桥; 风振; 阵风系数; 风阻系数

中图分类号: U 442

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0172-04

Difference of transverse wind load to steel truss bridge according to different codes

ZHOU Ying, GENG Gao-fei

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: Steel truss bridge suffers heavy wind in open sea. The wind load even plays a crucial role on the bridge. It has two different calculation methods for the wind load in accordance with two different codes *General Code for Design of Highway Bridges and Culverts and Load Code for Harbor Engineering*. The article is to calculate and analyze the cause of the difference by two codes on the basis of a 90 m long steel truss bridge in a wharf project, and give suggestions on the future design.

Key words: steel truss bridge; wind vibration; gustiness factor; drag coefficient

外海开敞式码头通常为了满足船舶吃水深度的需要, 将码头前沿线推出海岸线较长的距离, 通过引桥连接前沿工作平台及后方陆域。钢桁架桥跨径一般在60~110 m, 在承受自重荷载、工艺管线荷载、检修及运营车辆荷载的同时, 较大的海洋风荷载可能成为钢桁架桥设计的控制性因素, 需要高度重视。在计算港口钢桁架桥受横向风荷载的静力时, 通常按照JTS 144-1-2010《港口工程荷载规范》^[1](简称“港口规”)第11章节的内容进行。然而在对多个工程实例进行计算分析比较后发现, JTG D60-2004《公路桥涵设计通用规范》^[2](简称“桥规”)第4.3.7章节计算出的横向风荷载值与“港口规”存在一定差异。故本文以某码头上一座90 m钢桁架桥为例, 按两种设计规范对钢桁架桥进行风荷载静力计算, 比较分

析不同规范的计算差异及原因。

1 风荷载计算模型

本文计算过程不包含桥面系和工艺管线所受的风荷载, 仅对主桁结构计算横向风荷载, 计算参数为: 设计低水位0.69 m, 桁架下弦杆顶高程14.3 m, 计算跨径90 m, 桁架总高12.1 m, 两桁架中心距10 m, 桁架矢高11.25 m, 下弦杆截面高0.85 m, 主桁净投影面积250.5 m², 主桁轮廓面积766.8 m², 计算风速 $v_{10}=40$ m/s。钢桥结构见图1。

2 风荷载标准值计算分析

2.1 按“桥规”4.3.7风荷载标准值的计算^[2]

横桥向风荷载标准值(kN):

$$F_{wh} = k_0 k_1 k_3 W_d A_{wh} \quad (1)$$

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 周莹(1983—), 女, 工程师, 主要从事桥梁设计等工作。

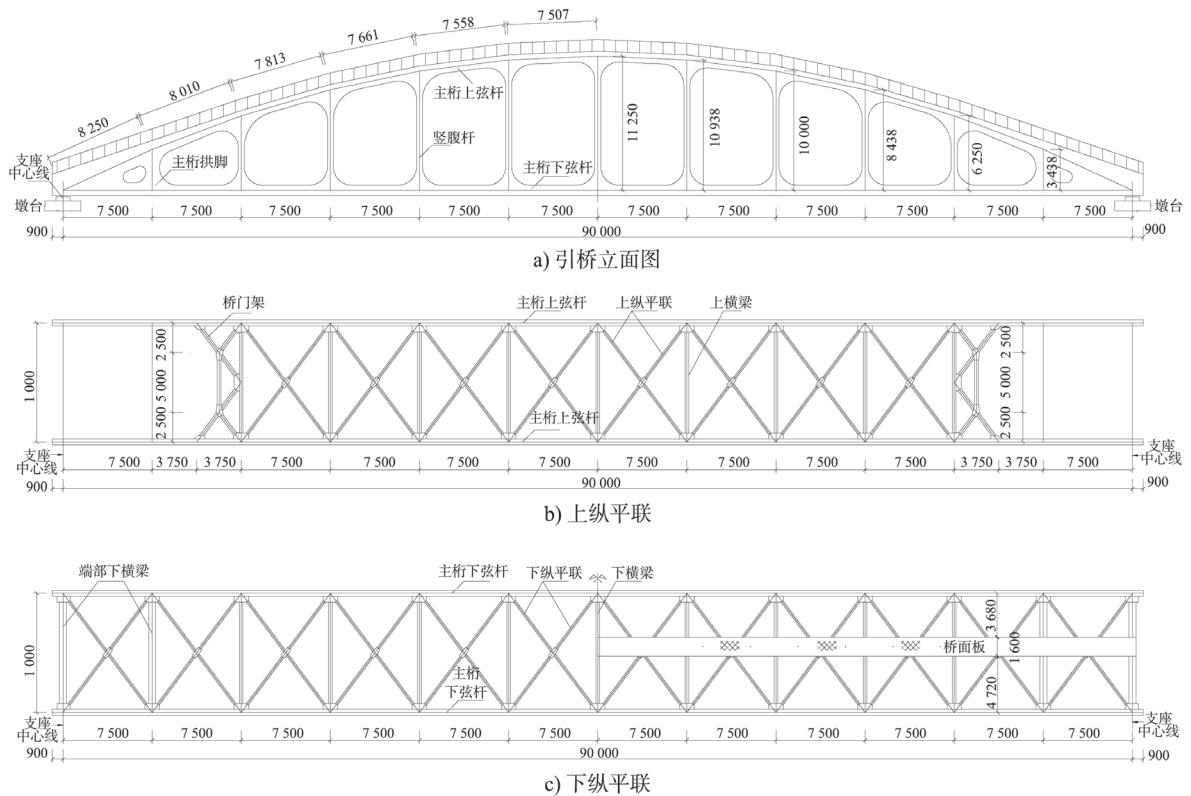


图1 钢桥结构

设计基准风压(kPa):

$$W_d = \frac{\rho g v_d^2}{2g} \quad (2)$$

基本风压(kPa):

$$W_0 = \frac{\rho g v_{10}^2}{2g} \quad (3)$$

高度Z处的设计基准风速(m/s):

$$v_d = k_2 k_5 v_{10} \quad (4)$$

空气重力密度(t/m³)

$$\rho = 1.2017 \times 10^{-3} e^{-0.0001Z} \quad (5)$$

式中: A_{wh} 为横向迎风面积(m²),按桥跨结构各部分的实际尺寸计算,取250.5 m²; Z为距地面或水面的高度(m),取Z=17.7 m; k_0 为设计风速重现期换算系数,取 $k_0=1.0$; k_1 为风载阻力系数; η 为遮挡系数;对于两片或两片以上桁架,所有迎风桁架的风阻力系数 K_1 均取 ηk_1 。实面积比为250.5 m²/766.8 m²=0.326 7,查表4.3.7-4得 $k_1=1.7$,间距比10 m/12.1 m=0.826<1时,取 $\eta=0.85$,得 $K_1=\eta k_1=1.445$; k_2 为考虑地面粗糙度类别和梯度风的风速高度变化修正系数,通过内插查表4.3.7-3得 $k_2=1.257$; k_3 为地形、地理条件系数,一般地区取1.0; k_5 为阵风风速系数,按A类

(海面)地表,取1.38; v_{10} 为桥梁所在地区的设计基本风速,重现期为100 a,离地面10 m高的平坦空旷地面,10 min平均最大风速,取 $v_{10}=40$ m/s。

$$\text{设计基准风压: } W_d = \frac{\rho g v_d^2}{2g} =$$

$$\frac{(1.2017 \times 10^{-3} e^{-0.0001Z}) \cdot (k_2 k_5 v_{10})^2}{2g} = 2.94 \text{ kPa}$$

一片桁架受横向风荷载标准值:

$$F_{wh} = k_0 k_1 k_3 W_d A_{wh} = 1064.2 \text{ kN}$$

一座钢桁架桥两片桁架的横向风荷载为:

$$F_{wh} = 2128.4 \text{ kN}。$$

2.2 按“港口规”11章风荷载标准值的计算^[1]

$$\text{基本风压(kPa): } (kPa) W_0 = \frac{1}{1600} v^2 \quad (6)$$

$$\text{风荷载标准值(kPa): } W_k = \mu_s \mu_z W_0 \quad (7)$$

式中: v 为重现期50a,离地10 m高的港口附近的空旷地面,10 min平均最大风速(m/s)。为了便于同条件比较,故按“桥规”取计算风速 $v_{10}=40$ m/s; μ_z 为风压高度变化系数,根据Z=17.7 m,按“港口规”内插查表11.0.9得 $\mu_z=1.5794$; μ_s 为风荷载体型系数,按GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》^[3]执行;查《建筑结构

荷载规范》续表8.3.1, 单榀桁架的体型系数:

$$\mu_{st} = \phi \mu_s \quad (8)$$

式中: μ_s 为桁架构件的体型系数, 对型钢杆件按第32项采用 $\mu=1.3$; $\phi = A_n/A$ 为桁架的抗风系数, A_n 为桁架构件和节点抗风的净投影面积, A 为桁架的轮廓面积, $\phi=0.3267$ 。

两榀平行桁架的整体体型系数

$$\mu_{stw} = \mu_{st} \frac{1 - \eta^2}{1 - \eta} \quad (9)$$

式中: η 为系数, 查表得0.617。 $\mu_{stw} = 0.687$, $W_0 = 1.0 \text{ kPa}$, $W_k = \mu_s \mu_z W_0 = 1.1 \text{ kPa}$

一座钢桁架桥两片桁架的横向风荷载为:

$$F_{wh} = W_k A = 843.5 \text{ kN}.$$

2.3 标准值计算结果差异分析

从上述计算结果可知, 风荷载标准值“桥规”/“港口规”=2.5, 两种规范的计算结果相差较大。两种规范计算过程中同类参数的取值比较见表1。

表1中, 阵风系数 $k_3^2 = 1.91$, 风阻系数/风荷载体型系数= $k_1 / \mu_s = 1.7 / 1.3 = 1.31$ 。这两个系数在“桥规”和“港口规”中的不同取值, 是造成横向风荷载不同计算结果的重要因素。

表1 计算参数类比

系数类别	公路桥涵设计通用规范	港口工程荷载规范	“桥规” / “港口规”的系数比值
高度修正系数	$k_2 = 1.257$	$\mu_z = 1.5794$	$k_2^2 / \mu_z = 1.00$
阵风系数	$k_3 = 1.38$	未考虑	1.38
计算风速	$v_d^2 = (k_2 k_3 v_{10})^2$	$\mu_z v_{10}^2$	1.91
风阻系数	$k_1 = 1.7$	$\mu = 1.3$	1.31
遮挡系数	$2\eta = 1.7$	$\frac{1 - \eta^2}{1 - \eta} = 1.617$	1.05
固定系数	$r / (2g)$	1/1 600	0.98

针对两种规范对阵风系数、风阻系数的不同取值, 做了以下几点分析:

1) 阵风系数

根据“港口规”^[1]第11章规定“11.0.5 对高耸结构和高层建筑物及对风荷载比较敏感的其他结构, 其基本风压应适当提高”, “1.0.6当塔架、灯塔、导标等高耸结构的基本自振周期大于0.25 s时, 其基本风压应乘以风振系数”。

“建规”^[3]8.4章节也有规定“8.4.1对于高度大于30 m且高宽比大于1.5的房屋, 以及基本自振周期大于0.25 s的各种高耸结构, 应考虑风压脉动对结构产生顺风向风振的影响”, “8.4.2对于风敏感的或者跨度大于36 m的柔性屋盖结构, 应考虑风压脉动对结构产生风振的影响。”

以上条款虽然未对桥梁结构进行明确规定, 而本桥自振周期 $T=0.9 \text{ s}$, 跨径为90 m, 可以判断此桥属于柔性结构, 应考虑风振系数。而风振系数的取值, 屋盖结构依据风洞试验结果确定。此处可根据“桥规”^[2]引入阵风风速系数, 此系数是考虑到瞬时风比平均风要大而乘的系数, 简化

了计算分析。

2) 风阻系数

“建规”提出的风荷载体型系数, 主要针对建筑结构杆件, 较桥梁结构杆件来说细且密。而“桥规”把桁架的风阻系数按“矩形与H形截面构件”和“圆柱型构件”分开进行规定, 细化并提高了风阻系数 K_1 的取值。故而在计算时风阻系数的取值可按“桥规”取值, 更适用于桥梁结构。

3 按“桥规”计算的钢桁架桥单荷载与荷载组合的应力比较

利用“桥规”^[2]计算所得风荷载标准值, 用Midas Civil对钢桁架桥建立模型, 分析单独风荷载作用及两种不利工况荷载组合作用下的结构应力分布(图2)。

图2a)中的横向风荷载包含了主桁、桥面系、管线及管线架所受的风荷载标准值合力, 计算过程不重复说明。图2b)和c)的荷载组合分别是出现最大拉应力和最大压应力时不同的荷载组合工况。

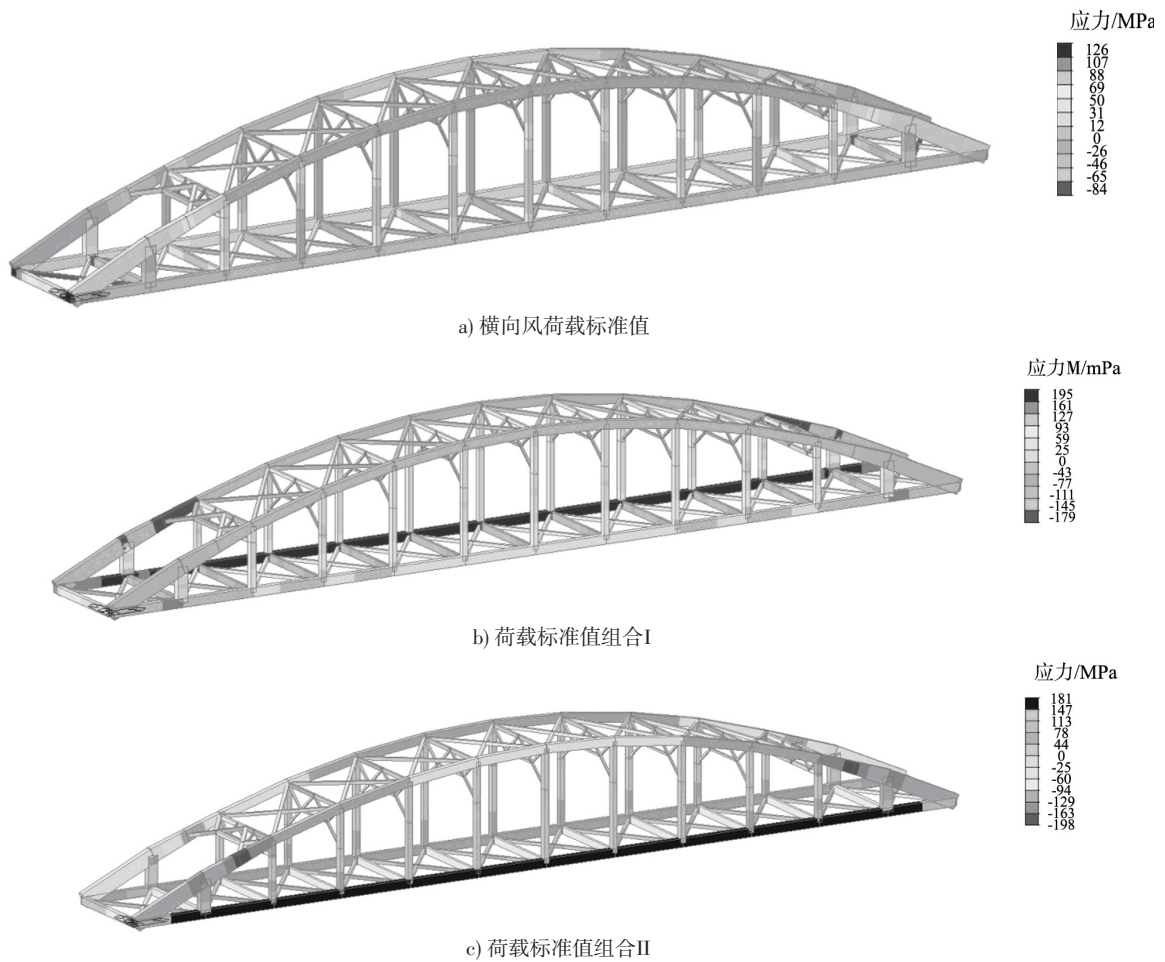


图2 结构应力

表2是不同的荷载标准值分别作用下最大的拉应力和压应力值。

表2 不同荷载作用下的最大拉、压应力

荷载	最大拉应力/MPa	最大压应力/MPa
结构自重	53	-44
管线荷载	115	-109
横向风荷载	126	-84
不利组合I	195	-179
不利组合II	181	-198

从表2各荷载产生应力值在结构最大应力值中所占比例可以看出, 风荷载效应在结构整体受力中占重要作用, 风荷载产生应力不容忽视。

4 结语

- 1) “桥规”规定的计算最大风速重现期为100 a; “港口规”规定的计算最大风速重现期为50 a。“桥规”设计标准比“港口规”高。

- 2) 采用“桥规”和“港口规”两种规范计算钢桁架桥风荷载标准值, 计算结果相差较大。

- 3) 对于自振周期较大、跨径较大或重要的码头钢桁架桥, 建议考虑风振效应, 可参考“桥规”进行风荷载计算。

- 4) 钢桁架桥的风阻系数建议采用“桥规”取值, 更适合桥梁结构。

- 5) 海洋风荷载对港口钢桁架桥的作用较大, 某些情况下甚至起控制作用, 对钢桁架桥风荷载的静力计算需高度重视。

参考文献:

- [1] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].
- [2] JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S].
- [3] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S].

(本文编辑 武亚庆)