

轻钢建筑围护结构抗风设计的几个问题

贾 勇 彭兴黔 许清杭

(华侨大学土木工程学院, 福建 泉州 362021; 石狮富安钢结构公司, 福建 泉州 362700)

摘要 对轻钢厂房屋面檩条设计计算方法进行分析,认为轻钢厂在台风中严重破坏的主要原因是设计中重结构轻围护.其次,在现行规范中,低层房屋围护结构的风荷载计算不够统一,以及在高风压地区的一些不合理规定,也是造成钢结构事故的原因.根据轻钢结构在台风中的特性,提出强风下在破坏围护结构的非重要部位形成导风巢的抗风思想.

关键词 围护结构,冷弯薄壁型钢,檩条,导风巢,轻钢建筑,抗风设计

中图分类号 TU 392.104

文献标识码 A

钢结构厂房采用变截面焊接 H 型钢作门形刚架, Z 形、C 形冷弯薄壁卷边型钢作檩条、墙梁,压型钢板作屋面、墙面,其质量轻、柔度大、阻尼小,且跨度大、体形复杂,对风荷载比较敏感,不利于结构抗风.从国内外轻钢结构的风致破坏来看,主要有 2 种情形.(1)墙面板在钉孔处被撕裂吹跑,山墙抗风柱被拔起,山墙倒塌,甚至刚架被掀倒.(2)台风从压型钢板屋面的屋檐、屋脊、转角面掀起,部分由于檩条在风吸力作用下扭曲失稳,导致构件连接松动、天沟变形、伸缩缝处拉开、压型钢板屋面局部起鼓或被吹走,形成抗风的薄弱环节.下面仅就对轻钢厂在灾害中所表现的情况进行研究.

1 钢结构事故分析

1.1 设计失误

据统计,钢结构中的设计不合理现象占工程事故的 1/3.目前,钢结构设计人员相对较少,设计经验水平低,虽有各种先进的设计软件,但设计人员过分依赖计算机,缺乏工程背景和经验.另外,在追求低用钢量或低造价的市场竞争下,其可靠性偏低.

1.1.1 实腹式檩条常规设计 常规的设计误区有 3 个.(1)屋面板檩条等只是围护结构,不需要进行强度、刚度的验算,按构造配置即可.(2)以重力为代表的竖向荷载控制构件设计,按构造配置后计算不利荷载组合,验算檩条的挠度未符合规范要求,没有考虑风荷载比较大的情况.(3)忽略了屋面板的温度膨胀,导致自攻螺栓被剪断;或者是只对局部风压比较大的区域檩条截面加大,而忽略了阵风对屋面板的破坏作用.屋面板被反复的风吸起,又在自身的回复力作用下反弹,直至破坏.

1.1.2 格构式檩条的设计 当屋面荷载比较大或檩条的跨度大于 9 m 时,宜选用格构式檩条.在此仅举一个在工程常见的问题,如图 1 所示.一种是腹杆连在弦杆的同侧(图 1a);另一种在两侧交替布

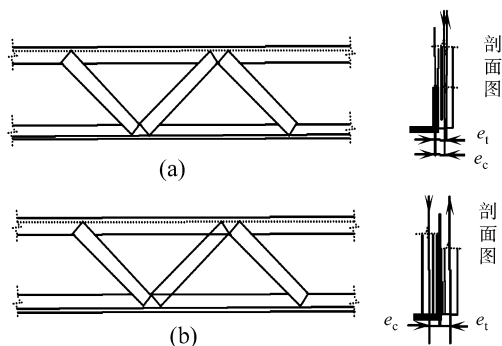


图 1 格构式檩条剖面图

收稿日期 2005-11-17

作者简介 贾 勇(1981-),男,硕士研究生,主要从事钢结构抗风和抗火的研究;通信作者:彭兴黔(1959-),教授,博士, E-mail:pxq@hqu.edu.cn

基金项目 福建省自然科学基金资助项目(E0510022);福建省建设厅科技计划资助项目(闽建科 05-22-15)

置(图1b).交替布置腹杆轴线在桁架平面外可以汇交于弦杆的轴线,不对弦杆造成偏心受力似乎可取,然而在与桁架平面垂直的方向上,两根腹杆的竖向分力所造成的力偶却要比图1(a)大得多.受拉斜杆与受拉斜杆的竖向里相平衡,设为 N ,则(a) $e_r = e_l + e_c$; (b) $e_r = e_c - e_l$. 其中, e_c 和 e_l 分别为拉杆和压杆轴线偏离桁架轴线的距离.因为桁架的平面外的偏心力矩只能有腹杆承担,且弦杆的抗扭刚度很小,所以第2种布置腹杆的弯曲应力要比第1种大得多^[1].

1.1.3 拉条设置的注意事项 (1)拉条的作用是防止檩条侧向变形和扭转,并提供 x 轴方向的中间支点.当檩条间距大于4 m时,应在檩间的跨中位置设置拉条;而当檩条跨度大于6 m时,应在檩条跨度的三分之一处各设一道拉条.(2)文[2]中删去“当屋面刚度大且与檩条有可靠连接时可少设或不设檩间拉条”的规定.其依据是帽形近似法,是根据单独构件而非整个屋面实验结果提出的,是不合适的.

1.2 规范欠细化

现行规范(规程)对风荷载的取值都有明确的规定,但不同的规范(规程)存在一定的差异,计算结果相差很大,给设计人员带来困惑^[3].不同的规范(规程)对檩条的稳定计算也不统一,在高风压地区风荷载标准值取最小时,规范所提供的C型冷弯薄壁钢的截面基本不符合要求.

1.2.1 风荷载计算不统一 1.0恒载+1.4风载(吸力)组合.文[4]中 $w_k = \mu_s \mu_z w$.文[5]中建议 μ_s 取-2.9.文[2]中 $w_k = 1.05 \mu_s \mu_z$.当 $6.3 < A < 10$ 时, $\mu_z = +1.51 g A^{-2.9}$.

1.2.2 构件稳定的验算 先明确一下压型钢板屋面,有2种安装方式.(1)搭接式.用螺钉将钢板与钢板或钢板与檩条连成一个整体.(2)卡扣式.板和板、板和檩条的连接通过支架咬合在一起(防水问题难以解决,在风荷载比较大的地区不可靠,目前基本不采用).(1)根据文[5,6]的算法,搭接式安装可以阻止檩条的失稳和扭转.不用验算上翼缘的稳定,则

$$= M_x / W_{enx} + M_y / W_{eny} \quad f. \quad (1)$$

第2种方式不能阻止檩条的侧向失稳与扭转,应按稳定公式验算截面,有

$$= M_x / b_x W_{ex} + M_y / W_{ey} \quad f. \quad (2)$$

在上式中, $b_x = \frac{4.320 A b}{y W_x} (1 + \sqrt{2 + \dots}) (\frac{234}{f_y})$, $= 2 e_a / h$, $= \frac{4 I_w}{h^2 I_y} + \frac{0.156 I_x}{I_y} (\frac{I_n}{h})^2 \quad f$.如果按上列公式算得 b_x 的值大于0.7,应以 b_x 的值代替 b_x ,则应按下式计算,即 $b_x = 1.091 - 0.274 / b_x$.当风吸力作用下实腹式檩条下翼缘受压时,规范规定其稳定性可按式(1)计算.这里出现一个问题,当风荷载为控制力的情况下,2种安装方式的压型钢板屋面板稳定性都用式(2)计算,不能体现搭接式屋面檩条受拉翼缘的约束作用.(2)根据文[2]中附录E檩条在风吸力的作用下翼缘的稳定计算,可得 $= \frac{1}{x} (\frac{M_x}{W_{ex}})$

$$+ \frac{M_y}{W_{ey}} \quad f. \quad M_y = M_{y0}, \quad M_{y0} = -q_x l_y^2 / 8, \quad q_x = k q_y, \quad = \frac{1 - 0.0314 R}{1 + 0.3960 R}, \quad R = K l_y^4 / 4 E I_{ly}$$

2 算例

泉州某钢结构厂房,采用压型板做屋面板,屋架倾斜角 $4.57(^{\circ})$,檩距1.5 m.厂房标高10 m,基本风压0.8 kPa,地面粗糙度为B类,设计该封闭式建筑屋面檩条.

2.1 常规设计

荷载统计 $q_{恒} = 0.295 \text{ kPa}$, 屋面活荷载标准值 $q_{活} = 0.4 \text{ kPa}$. (1) 1.2恒载+1.4(活载+0.9积灰+0.6风载). 据文[2]中附录A,考虑到轻型房屋钢结构的屋面风荷载作用方向与其他活荷载方向相反,房屋所受的活荷载不与风荷载同时考虑,不宜采用此组合方式. (2) 1.2×永久荷载+1.4×max{屋面活荷载,雪荷载}^[5]. $q_{k线} = 1.04 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, $q_{线} = 1.37 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, 轻刚厂房屋面坡度 $i < 1/3$. 本例采用C200×70×20×2.5为屋檩,中间设一根拉条. $q_x = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, $q_y = 1.367 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, $M_x = 6.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 0.127 \text{ kN} \cdot \text{m}$. 由式(2)知, $\max = 186.3 \text{ TPa} < 205 \text{ TPa}$, $v_y = 22.8 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$ (满足).

2.2 考虑风载

由文[4]可知, $w_k = -3.24 \text{ kPa}$; 由文[5]可知 $w_k = -4.13 \text{ kPa}$; 由文[2]可知 $w_k = 1.235 \text{ kPa}$, $w_{k,min} = 1.235 \text{ kPa}$, $q_{线风} = -2.226 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, $q_{线风} > q_{线}$, 风荷载起控制作用.

2.3 稳定计算

当风荷载为控制荷载时,就变为只验算下翼缘的稳定问题,C200 ×70 ×20 ×2.5 不满足稳定要求.表 2 是加大檩条截面并增加拉条(即支撑)数量所得的计算结果.由表 2 可以看到,在文[2]中,檩条的设计既保守又麻烦.例取泉州基本风压 0.8 kPa,檩距只取 1.5 m,都是工程中常见的取值,但规范所提供冷弯薄壁槽钢的型号中,只有一个能满足.在沿海城市中基本风压大多超过 0.8 kPa,且在工程中檩距一般

表 2 不同构造下檩条受风吸力作用的稳定计算

槽钢类型		搭接式(卡扣式)	
		文[6]	文[2]
C200 ×70 ×20 ×2.5	加 1 道支撑	223.220	326.410
	加 2 道支撑	206.655	282.867
C220 ×75 ×20 ×2.0	加 1 道支撑	279.649	362.583
	加 2 道支撑	242.125	288.884
C220 ×75 ×20 ×2.2	加 1 道支撑	241.144	312.626
	加 2 道支撑	208.289	266.420
C220 ×75 ×20 ×2.5	加 1 道支撑	197.729	281.876
	加 2 道支撑	170.378	240.017

都在 1.5 ~ 2.5 m. 如果檩距比较小的话,将会产生头重脚轻的结构,对抗风更加不利.文[4]对于低层房屋的设计是不合适的,而文[2]在轻型钢结构某些围护结构的设计上,显然没有照顾到风压比较大的沿海地区.檩条在承受屋面自重及活载的同时,在一定程度上起屋架上弦的平面外支撑作用,也是结构的一部分.它的受力是比较复杂的,不应是简单的受弯受压;门刚规程主要参考的是国外标准,国内很少做相关方面的实验,是否适用于中国的实际情况则有待验证.

3 结束语

根据围护结构的验算,指出我国现行规范在有关低层房屋风载体型系数取值的方面存在的不足,编制适用于高风压地区的基于性能抗风设计规范有其必要性.设计时,应在充分掌握设计的基本原理,并在理解规范的基础上充分考虑到设计参数选取的合理性^[7].在风压较高的地区,可以对这种结构进行改进,如在破坏围护结构的地方形成导风巢.这使结构内部形成穿堂风,大大减少风力对屋盖的吸力作用,但这必须保证建筑的使用功能不能削弱太多.

参 考 文 献

1 陈绍蕃. 钢结构设计原理[M]. 第 2 版. 北京:科学出版社,2003. 88
2 中国工程建设标准化协会. CECS 102:98 门式刚架轻型房屋钢结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002. 25
3 冯 东,汪一俊. 檩条在风吸力作用下的设计方法[J]. 钢结构,2004,(3):8 ~ 10
4 中华人民共和国建设部. GB 5009 - 2001 建筑结构荷载规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002. 41
5 陈绍蕃. 房屋建筑钢结构设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003. 36
6 中华人民共和国建设部. GB 50018 - 2002 冷弯薄壁型钢结构技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002. 58
7 彭兴黔. 两端弹性铰支约束下压杆稳定的优化设计[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2002,23(1):45 ~ 49

Some Problems for Wind- Resist Design of the Light- Weight Steel Maintenance Structure

Jia Yong Peng Xingqian Xu Qinghang

(College of Civil Engineering , Huaqiao University , 362021 , Quanzhou , China ;
Fuan Factory of Steel Structure , 362700 , Quanzhou , China)

Abstract The calculation methods of purline in light-weight steel structure is analyzed. According to analysis results , the reasons of the structures damaged badly in typhoon are : (1) extra attention is focused to structure design , but little attention to maintenance structure ; (2) in current codes , the values of wind load applying on maintenance structures in low-storied buildings are not identical , and some unreasonable rules for high wind pressure region. According to the property of the light weight steel structures in typhoon , the aerodynamic idea is put forward under the strong wind , in which the nests to lead wind are introduced in the maintenance structures.

Keywords maintenance structure , cold-formed thin-walled shaped steel , purline , nest to lead wind , wind-resist design