

# 浅谈超高玻璃肋幕墙的稳定计算

杨俊炜

(迈进外墙工程设计(香港)有限公司上海代表处,上海 200031)

摘要:本文对于超高玻璃肋幕墙中的有关稳定计算问题,如玻璃肋的局部屈曲应力、侧向整体稳定计算等作了详细的介绍。

关键词:玻璃肋 稳定性 局部屈曲 整体侧向稳定 宽厚比

中图分类号:TU38 文献标识码:B 文章编号:1007-2918(2006)01-0018-02

近年来,玻璃幕墙作为建筑物的围护结构已经越来越多的被人们所接受。其中,由面玻璃及玻璃肋组成的全玻璃系统因其通透、美观,在工程中也得到了不少的应用。但是,由于目前对于玻璃这种脆性材料的结构性能尚无全面详尽的理论及试验研究,尤其对于超高玻璃肋这种幕墙类型的计算,国内幕墙设计规范尚无明确的规定,工程中此类系统的事故也屡见不鲜,因此有必要对超高玻璃肋中的一些计算问题,特别是稳定计算进行深入研究和探讨。

## 1 局部稳定验算

玻璃肋结构通常由面玻璃和玻璃肋组成,玻璃肋板与面玻璃一般垂直放置,承受面玻璃传来的风荷载及地震荷载。由于厚度较薄,玻璃肋板类似于承受平面内荷载的薄板,在风荷载或自重作用下会产生压应力,如压应力较大,则会发生薄板的局部屈曲失稳现象。因此,玻璃肋的局部稳定验算是首先需要考虑的问题。

对于矩形单方向受压薄板,根据经典板壳力学其临界屈曲应力为<sup>[1]</sup>:

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\gamma^2)} \left(\frac{t}{d}\right)^2 \quad (1)$$

式中, $d$ ——玻璃肋宽度,mm;

$t$ ——玻璃肋厚度,mm;

$E$ ——玻璃的弹性模量,70000N/mm<sup>2</sup>;

$\gamma$ ——玻璃的泊松比,0.20;

$k$ ——屈曲系数。

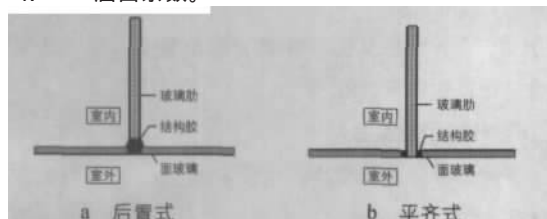


图1 玻璃肋与面玻璃的连接方式

式(1)中的屈曲系数 $k$ 需根据板的支撑条件来确定。对于三边简支、一边自由的板,屈曲系数为0.425,而对于受荷边简支、非受荷边一边固定一边自由的板,屈曲系数为1.277。对于玻璃肋而言,通常与面玻璃的连接有两种形式(图1),对于第1种方式,玻璃面板及结构胶对于玻璃肋的嵌固作用较小,可以认为玻璃肋的边界条件为三边简支、一边自由,即屈曲系数为0.425。对于第2种连接方式,虽然不可认为玻璃肋与面玻璃之间是完全的固接,但可考虑面玻璃对于玻璃肋具有一定的嵌固作用,即类似于T型钢的翼缘对于腹板的嵌固作用,建议屈服系数可取1.0<sup>[2-3]</sup>。

因此,对于超高玻璃肋系统,应尽可能的采用图1中b的固定方式,这对于提高玻璃肋的局部临界屈曲应力有较好的作用,同时也有利于连接处的结构胶的受力。

此外,国外学者对于玻璃肋的局部稳定提出过局部最大临界弯矩,如下式所示<sup>[4]</sup>:

$$M_{cr} = \frac{Et^3}{6(1+\gamma)} \quad (2)$$

经过比较计算可知,其对应的屈曲临界应力与本文提出的当屈曲系数取1.0时的屈曲临界应力结果相近,上述两种方法均可在实际设计中采用。

若令 $\sigma_{cr} < f_g$  ( $f_g$ 为玻璃的侧面强度),则可以求出满足局部稳定的玻璃肋的最大宽厚比(如表1所示)。

表1

	浮法玻璃		钢化玻璃	
	5mm~12mm	15mm~19mm	5mm~12mm	15mm~19mm
宽厚比(d/t)	56	60	32.4	35

由上表可知,虽然浮法玻璃的极限强度要低于钢化玻璃,但是在相同条件下,其局部稳定能力要强于钢化玻璃,对于局部稳定性要求较高且强度要求不高的玻璃肋,浮法夹胶玻璃或贴安全膜的浮法玻璃是比较好的选择。

## 2 整体稳定验算

由于玻璃肋平面外的刚度远小于平面内刚度,对于超高玻璃肋,如果缺乏必要的侧向约束,则当荷载达到一定的临界值,就有可能发生平面外的弯曲并扭转,也即称为平面外失稳或侧向屈曲。因此,为了防止发生玻璃肋的平面外失稳,对于超高玻璃肋尚应进行整体稳定的验算。玻璃幕墙工程技术规范中也建议对于“高度大于8m的玻璃肋宜考虑平面外的稳定验算<sup>[5]</sup>,但并未提供具体计算方法。

澳大利亚的幕墙规范给出了多种边界条件下的玻璃肋的整体稳定验算<sup>[6]</sup>。对于常见的玻璃肋,可认为玻璃肋的一边有连续的约束,其极限侧向屈曲弯矩可由下式求得:

$$M_{cr} = \frac{(\pi/L_{op})^2(EI)_y \left[ \frac{d^2}{4} + J_0^2 \right] + (GJ)}{(2J_0 + J_h)} \quad (3)$$

上式中,  $M_{cr}$ ——极限侧向屈曲弯矩, N·mm;

$(EI)_y$ ——玻璃肋的绕弱轴方向的抗弯刚度, N·mm<sup>2</sup>;

$L_{op}$ ——玻璃肋的高度, mm;

$d$ ——玻璃肋宽度, mm;

$GJ$ ——玻璃肋的抗扭刚度, N/mm<sup>2</sup>;

$J_0$ ——侧向约束与中性轴的距离, mm;

$J_h$ ——荷载作用点与中性轴的距离, mm。

当承受正风压时(荷载向内),  $J_0$ 与 $J_h$ 取异号;当承受负风压时(荷载向外),  $J_0$ 与 $J_h$ 取同号,极限侧向屈曲弯矩较承受正风压时小,这也反映了弯矩的作用使玻璃肋自由边受压而产生更为不利的影响。

根据上述公式以及采用有限元法对玻璃肋的研究分析发现<sup>[7]</sup>,玻璃肋的极限侧向屈曲弯矩主要与玻璃肋的厚度和高度有关,玻璃肋的宽度对于超高玻璃肋的极限侧向屈曲弯矩的提高作用并不明显。而玻璃肋的自重对于玻璃肋的整体稳定有一定影响,采用悬挂式玻璃肋要比落地式玻璃肋具有更高的抗侧向屈曲能力,这是由于悬挂系统中的玻璃肋的自重产生了对于抗侧向屈曲有利的拉力作用。不过,与玻璃肋的厚度和高度相比,自重在其影响还是较小的。

## 3 结束语

①目前国内对于玻璃肋的稳定性的设计及计算的理论还比较少,在设计计算时可以参考薄板理论和国外的一些规范。

②玻璃肋的边界约束条件和宽厚比对于其稳定性有较大的影响,当采用平齐式的连接方式时,屈曲系数可以取1.0,其稳定性较采用后置式的玻璃肋连接更有利。当玻璃肋的宽厚比在一定范围之内时,其局部稳定可以得到满足。

③玻璃肋的自重对于其稳定性有一定的影响,但影响作用较小。玻璃肋的厚度及高度对于玻璃肋的整体稳定有较大影响。



## 参考文献

- [1]Timoshenko SP & Gere JM 著.张福范译.弹性稳定理论.第二版.北京.科学出版社,1965
- [2]彭晓彤,顾强,赵永生.剖分T型钢压杆腹板局部屈曲及高厚比限值.建筑结构,2005,35(2):34-36
- [3]王万祯,马宏伟,张振涛.剖分T型钢轴压杆件的腹板宽厚比限值研究.西安建筑科技大学学报,2001,33(2):131-134
- [4]Yoxon B, The Pilkington Wall, Pilkington, 1987
- [5]JGJ 102-2003,玻璃幕墙工程技术规范
- [6]AS 1288-1994, Glass in Buildings
- [7]Andrew Kwok Wai So, Siu Lai Chan, Stability and strength analysis of glass wall systems stiffened by glass fins, Finite Elements in Analysis and Design, 1996

Stability calculation of the super-high glass fin

Yang Junwei

(Meinhardt Façade Technology (HK) Ltd. Shanghai Representative Office, Shanghai 200031, China)

ABSTRACT: A detailed introduction on the structural stability calculation of super-high glass fin was presented, in which the local buckling and the lateral stability of the glass fin are studied.

KEY WORDS: glass fin; stability; local buckling; lateral stability; ratio of width to thickness

作者简介:杨俊伟(1974-),硕士,联系地址:200443/上海市曲沃路321弄40号501室,迈进外墙(香港)工程设计有限公司上海代表处,联系电话:13636511828

收稿日期:2005-09-22