

轻型钢结构墙面板附加檩条施工研究

谢安山

中铁二十局集团第四工程有限公司 山东 青岛 266100

摘要：轻型钢结构中可以通过檩条结构布置实现墙面板各种设计造型效果，但有时在设计施工总承包项目中存在同时设计同时施工的现象，导致墙面外观效果确定时可能已主体施工完成。结合工程中遇到的实际问题，考虑通过主檩条结构外加附加檩条的方式来转变结构的横竖受力形式；附加檩条一般采用简支形式，因此假定墙面板依靠重力作用能阻止侧向失稳，则只需要计算构造在风吸力及风压力作用下墙梁内翼缘的稳定性，通过稳定性验算达到了解决问题的目的。本文通过对已安装完成墙面檩条基础上增加附加檩条的验算及施工进行研究，增加了钢结构施工中灵活转换外观效果的可行性。

关键词：轻型钢结构；墙面板；附加檩条；施工研究

轻型建筑钢结构中采用轻型门式刚架及冷弯型材具有用料省、安装简便且造价较低等优点，在钢结构厂房、仓储设施等工程中在国内得到广泛采用。轻型建筑钢结构的按部位可划分为主钢构（钢柱、钢梁）、二次构件（檩条、拉条、抗风柱、支撑等）和围护结构（屋面、墙面板）三部分^[1]。某综合物流园1#地块定位为生活物资智慧储备分拨配送中心，配备普通仓库13座，高标仓库4座，承包方式为设计施工总承包项目。前期在设计施工过程中采用横向C型檩条做为主檩条，墙面板设计为竖向排板且墙面板使用工厂化一体板，但竖向排板外形效果较为单调且可调整性小。场区位于市区主要出入口，为提升场区整体形象及城市理念，墙面板施工需改为横板排板以增加配色等造型效果，因此需在横向C型檩条增加竖向附加檩条实现结构转换，而后通过墙面横板排布实现外立面效果提升，达到良好的经济及形象目的。本文从新增附加檩条实现结构转换的验算方法及其中的施工要点进行一些研究。

1 附加檩条验算

附加檩条与原有C型檩条上采用自攻钉固定连接，仅做为墙板与C型檩条之间的传力构件，附加檩条设计时材料选型不再考虑C型檩条（较厚且自重大），因此考虑较为轻型经济的“几”字型檩条。本设计“几”字型檩条分两个型号，分别为墙板间竖缝处使用的120×40×25×2.5型和墙板间非竖缝处及门窗洞口处使用的50×40×25×2.0型。附加檩条采用简支形式，因此可将其视为连续梁进行相关计算。

1.1 受力条件分析

本设计中“几”字型檩条主要考虑三种受力条件，

一为结构角部含板自重；二为结构中部含板自重；三为结构不含板自重。将其它验算条件综合如下：钢材型号为Q235钢；约束条件为两端铰结；不设置拉条；净截面系数1.0，墙梁支承压型钢板墙，水平挠度限值为1/150^[3]；极限条件为墙板不能阻止墙梁侧向失稳，构造不能保证风吸力作用墙梁内翼缘受压的稳定性。

1.2 计算依据

《建筑结构荷载规范》(GB 50009--2012)；《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)；

1.3 结构计算

1.3.1 截面及材料特性

选取墙梁形式：薄壁矩形钢管截面尺寸 B40×50×2；宽度B = 50；高度H = 40；腹板厚度 $T_w = 2$ ；翼板厚度 $T_f = 2$ ；截面面积 $A = 0.3440E-03$ ；x轴惯性矩 $I_x = 0.8760E-07$ ；y轴惯性矩 $I_y = 0.1244E-06$ ；截面模量 $W_{x1} = 0.4380E-05$ ； $W_{x2} = 0.4380E-05$ ； $W_{y1} = 0.4977E-05$ ； $W_{y2} = 0.4977E-05$ ；钢材钢号：Q235钢，查表得：屈服强度 $f_y = 235$ ；强度设计值 $f = 205$ 。

考虑墙梁支撑墙板重量，此时单侧挂墙板，一体化墙板容重为20kg/m²，即墙梁上方一侧板重(kN/m²)：0.200，建筑类型：封闭式建筑，分区：边缘带，基本风压：0.300，风压调整系数：1.678，风荷载高度变化系数：1.073^[2]。依据《建筑结构荷载规范》(GB 50009--2012)，当从属面积大于1m²小于25m²时，墙面和绝对值大于1.0的屋面局部体型系数可采用对数插数，即按下式计算局部体型系数：

$$\mu_{s1}(A) = \mu_{s1}(1) + [\mu_{s1}(25) - \mu_{s1}(1)] \log A / 1.4 \quad (8.3.4)$$

1.3.2 结构角部计算含板自重

墙梁跨度为1.5m; 墙梁间距为2m。

$$\mu_{s1}(A) = 1.4 \left\{ 1 + [0.8 - 1] \log(1.5 \times 2 / 1.4) \right\} + 0.2$$

计算得风荷载系数(风压力): 1.505 风荷载系数(风吸力): -1.505。按下式计算风荷载:

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \quad (8.1.1-2)$$

式中, w_k ——风荷载标准值 β_{gz} ——高度z处的阵风系数

μ_{s1} ——风荷载局部体型系数 μ_z ——风压高度变化系数 w_0 ——基本风压

计算得风荷载标准值(风压力)(kN/m²): 0.813 风荷载标准值(风吸力)(kN/m²): -0.813

设计内力: 正应力验算按下式计算:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{efnx}} + \frac{M_y}{W_{efny}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f$$

式中 W_{efnx} 、 W_{efny} 分别为主轴x、y的有效净截面抵抗矩, W_ω 为截面的毛截面的扇性抵抗矩。

剪应力验算按下式计算:

$$\tau_x = \frac{3V_{x\max}}{4b_0t} \leq f_v \quad \tau_y = \frac{3V_{y\max}}{2h_0t} \leq f_v$$

式中 $V_{x\max}$ 、 $V_{y\max}$ 分别为墙梁在x、y方向承担的剪力最大值, b_0 、 h_0 分别为沿x、y方向的计算高度,

t 为墙梁壁厚。

整体稳定系数按正式计算:

$$\frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{efx}} + \frac{M_y}{W_{efy}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f$$

式中 φ_{bx} 为单向弯矩 M_x 作用下墙梁的整体稳定系数。

风压力作用验算: 抗弯控制组合: 1.3恒载+1.5风压力组合, 此种荷载组合下:

绕主惯性轴强轴弯矩设计值(kN.m): $M_x = 0.686$; 绕主惯性轴弱轴弯矩设计值(kN.m): $M_y = 0.156$;

水平剪力设计值(kN): $V_x = 1.829$; 竖向剪力设计值(kN): $V_y = 0.416$;

截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 187.966 \leq 205.000$; ; 整体稳定系数: $F_{aib} = 1.000$;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{stab} = 187.966 \leq 205.000$;

风吸力作用验算: 荷载组合: 1.3恒载+1.5风吸力组合, 此种荷载组合下:

绕主惯性轴强轴弯矩设计值(kN.m): $M_{x2} = -0.686$;

绕主惯性轴弱轴弯矩设计值(kN.m): $M_{y2} = 0.156$;

水平剪力设计值(kN): $V_{xw} = 1.829$; 竖向剪力设计值(kN): $V_{yw} = 0.416$ ^[3];

截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 187.966 \leq 205.000$; ; 整体稳定系数: $F_{aib} = 1.000$;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{stab} = 187.966 \leq 205.000$;

荷载标准值作用下, 挠度验算:

竖向挠度(mm): $f_y = 0.995 \leq 10.000$; 水平挠度(mm): $f_x = 5.757 \leq 10.000$; 计算满足。

1.3.3 结构中部计算

墙梁跨度为1.5m; 墙梁间距为2.2m。

计算得风荷载系数(风压力): 1.132; 风荷载系数(风吸力): -1.132。

计算得风荷载标准值(风压力)(kN/m²): 0.611; 风荷载标准值(风吸力)(kN/m²): -0.611,

风压力作用验算: 抗弯控制组合: 1.3恒载+1.5风压力组合, 此种荷载组合下:

绕主惯性轴强轴弯矩设计值(kN.m): $M_x = 0.567$; 绕主惯性轴弱轴弯矩设计值(kN.m): $M_y = 0.171$;

水平剪力设计值(kN): $V_x = 1.513$; 竖向剪力设计值(kN): $V_y = 0.455$;

截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 172.497 \leq 205.000$; 整体稳定系数: $F_{aib} = 1.000$;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{stab} = 163.872 \leq 205.000$;

风吸力作用验算: 荷载组合: 1.3恒载+1.5风吸力组合, 此种荷载组合下:

绕主惯性轴强轴弯矩设计值(kN.m): $M_{x2} = -0.567$;

绕主惯性轴弱轴弯矩设计值(kN.m): $M_{y2} = 0.171$;

水平剪力设计值(kN): $V_{xw} = 1.513$; 竖向剪力设计值(kN): $V_{yw} = 0.455$ ^[4];

截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 172.497 \leq 205.000$; ; 整体稳定系数: $F_{aib} = 1.000$;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{stab} = 163.872 \leq 205.000$;

荷载标准值作用下, 挠度验算:

竖向挠度(mm): $f_y = 1.201 \leq 10.000$; 水平挠度(mm): $f_x = 4.914 \leq 10.000$; 计算满足。

1.3.4 结构不含板自重计算

墙梁跨度为1.5m; 墙梁间距为3m。

计算得风荷载系数(风压力): 1.2 风荷载系数(风吸力): -1.2。

计算得风荷载标准值(风压力)(kN/m²): 0.657 风荷载标准值(风吸力)(kN/m²): -0.657

风压力作用验算: 抗弯控制组合: 1.3恒载+1.5风压力组合, 此种荷载组合下:

绕主惯性轴强轴弯矩设计值(kN.m): $M_x = 0.831$; 绕主惯性轴弱轴弯矩设计值(kN.m): $M_y = 0.01$;

水平剪力设计值(kN): $V_x = 2.216$; 竖向剪力设计值(kN): $V_y = 0.026$;

截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 191.728 \leq 205.000$; 截面强度全截面有效;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{\text{stab}} = 191.728 \leq 205.000$;

风吸力作用验算: 截面强度(N/mm²): $\sigma_{\max} = 191.728 \leq 205.000$;

整体稳定系数: $F_{\text{stab}} = 1.000$;

整体稳定应力(N/mm²): $f_{\text{stab}} = 191.728 \leq 205.000$;

荷载标准值作用下, 挠度验算:

竖向挠度(mm): $f_y = 0.069 \leq 10.000$; 水平挠度(mm):

$f_x = 7.196 \leq 10.000$; 计算满足。

1.4 计算结论

经过不同受力条件下的内力计算和整体稳定性验算, 此种增加附加檩条的设计方式能够满足此工程的受力要求, 做为外墙板的固定件可以达到强度要求。新增附加檩条计算通过。

2 施工要点

附加檩条做为主体结构的重要附加构件, 施工中需要按照设计规范及施工方案要求对过程中的工艺流程进行严格管控, 尤其是与既有结构的连接固定^[4]。下面就其中几个方面进行论述。

2.1 材料进场后, 进行材料检查及复试, 合格后才能进入施工工序。

2.2 工作面整平: 安装附加檩条前, 先复测原有墙面檩条的平整度, 其误差需控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内。

2.3 测量放线:

2.3.1 根据现场水准点弹出水平标高控制线, 根据图纸轴线画出墙檩外侧线。对建筑的总长度、宽度、高度拉通尺进行复核, 需符合图纸外形尺寸。

2.3.2 对建筑的总长度、宽度、高度拉通尺测量符合图纸外形尺寸。

2.3.3 四个大阳角墙面C型钢檩条垂直挂线检查垂直度(经纬仪可辅助, 但需挂垂线后拉紧固定)。

2.3.4 挂三道通长线检查四立面墙檩平整度: 墙檩正负零生根处、墙檩标高6米处、墙檩檐口处。此三道通长线两端与大阳角垂线交汇。

2.3.5 按图纸设计要求, 在需安装几字檩的位置弹出安装标志线。

2.4 固定: 因使用的附加檩条重量均较小, 可以选择人工悬拉安装就位, 然后用自攻钉将几字檩按标志线固定在原有横向墙面檩条上。较为方便快捷。

2.5 验收: 安装完成后进行自攻钉抗拉试验, 合格后才能进行下道工序。

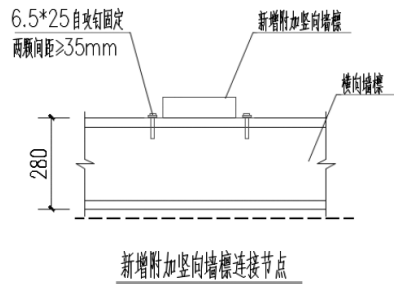


图1 新增附加檩条连接节点图

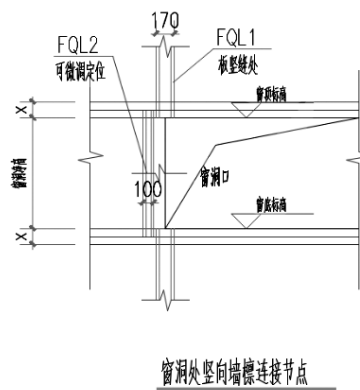


图2 局部新增附加檩条连接节点图

3 结论

随着轻型钢结构的应用越来越广泛, 对设计和施工也提出了更高的要求。轻型建筑钢结构的檩条布置和设计对整体结构的安全性和经济性有十分重要的意义。

3.1 通过不同受力条件下的验算得出此次附加檩条设计可达到要求, 通过此次的施工探索, 使呆板的钢结构外形有了显著变化, 给钢结构的外形多样化提供了一种可能的转变方式。

3.2 此次研究中未考虑结构异型构造设计方面, 如有需要需增加验算。

3.3 以往的钢结构设计中对外形力求简便, 此次研究对设计施工要求越来越高的钢结构行业提供了一定的技术参考, 进一步深入研究可以让钢结构工程在美观性、实用性、经济性上得到有效融合, 具有一定的实用价值。

参考文献

- [1]纪福宏, 汪一骏. 檩条设计中若干问题的探讨[J]. 钢结构, 2005, 20(5): 1-3.
- [2]岳昌智, 郭小农. 轻型建筑钢结构的檩条设计[J]. 结构工程师, 2001(02).
- [3]孙华力, 边建辉. 扣罩式古城墙维护修缮方法前景分析[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(12).
- [4]徐迟. 旺隆电厂围护结构设计优化[J]. 建材与装饰, 2008(01).