

装配式轻质复合墙板抗风承载性能的计算研究

温帅¹ 田雨泽¹ 通讯作者 付霖¹ 孙博¹ 田琦²

1. 辽宁科技大学土木工程学院; 2. 中国三冶集团有限公司

摘要: 装配式轻质复合墙板它具有高强、轻质的优势。钢框架加轻质墙板装配式建造体系是装配式建筑主流的发展方向。为研究装配式轻质复合墙板抗风承载性能, 制作了长为600mm, 高度为2350mm, 厚度为90mm的轻质复合墙板。通过理论分析, 分别采用一次面积等效法, 二次面积等效法和复合材料等效法来测定墙板的抗侧刚度和试验实测值进行比较, 结果表明复合材料等效法计算值与实测值最为接近, 且复合材料法该模型在施工计算中更为准确

关键词: 抗侧刚度; 装配式; 轻质复合墙板

前言

装配式建筑与传统建筑相比, 前者具有建造速度快、受气候等外界因素的影响较小、配件均由工厂制作、精确度高和质量好的特点, 因此装配式建筑更能很好地满足如今国家要求的“四节一环保”的主题, 而且装配式建筑利用机器工作, 能够很好地节约大量的劳动力并且提高施工质量。

在住宅建筑中, 围护结构能耗中: 外墙可以占到34%, 楼梯间隔墙约11%。发展高质量外墙复合保温墙板是实现住宅产业化和推广节能建筑的重要捷径。一些发达国家的墙板墙体材料的生产在其国家墙体材料总产量中所占比例已高达60%, 而我国仅占3%, 装配式轻质复合墙板为我们的主要研究内容。

一、试验原材料

试验材料: 混凝土, 网格布, 螺纹钢, 发泡混凝土。

二、试验设计

本试验中, 采用混凝土, 网格布, 螺纹钢, 发泡混凝土制作长为600mm, 高为2350mm, 厚度为120mm的轻质复合墙板, 试件在(20±2)℃、相对湿度在95%以上的标准养护室养护28天。

将养护到期的轻质墙板取出, 将墙板通过吊车竖直防止到加载装置, 在墙板中部施加分级集中荷载。

三、试验结果及分析

(一) 一次面积等效法

一次面积等效法根据墙体的抗弯刚度相等的理论原则, 按照混凝土和砌块弹性模量E的比值将肋柱和外框柱(连接柱)的截面等效为砌块的面积, 并且保持原砌块的面积不变, 等效后总面积分布均匀, 并且关于墙体厚度方向的轴线对称。

根据一次面积等效法原理, 我们可得到公式:

$$E_c A_1 = E_q A'_1$$

$$E_c \left(\frac{A_1 h_1^2}{12} + x_1^2 A_1 \right) = E_q \left(\frac{A'_1 h_1^2}{12} + x_1^2 A'_1 \right)$$

$$E_c \left(\frac{b h_1^3}{12} + x_1^2 A_1 \right) = E_q \left(\frac{b h_1^3}{12} + x_1^2 A'_1 \right)$$

$$E_c I_1 = E_q I'_1$$

同理可以得出:

$$E_c I_2 = E_q I'_2, E_c I_3 = E_q I'_3$$

又因为:

$$(EI)_1 = E_q I'_1 + E_q I'_2 + E_q I'_3 \quad (EI)_0 = E_q I_1 + E_q I_2 + E_q I_3$$

所以:

$$(EI)_1 = (EI)_0$$

其中 x_1 是左边第一个肋柱的形心到整个墙体的形心的距离;

I_1 是左边第一个肋柱相对于整个墙体中性轴的截面惯性矩; I'_1 是左边第一个等效后的轻质切块相对于整个墙体中性轴的截面惯性矩; $(EI)_0$ 是密肋复合墙体的整体抗弯刚度; $(EI)_1$ 是等效后均匀砌块的整体抗弯刚度。

(二) 一次面积等效法

二次面积等效法主要是在一次面积等效的基础上, 根据截面面积不变的原则将一次面积等效的不规则截面再次等效为矩形, 截面长度h保持不变, b_1 为等效后砌块板的厚度。等效后砌块长方形截面板作为复合墙体的弹性抗侧刚度的计算依据, 采用均值墙体的弹性抗侧公式, 同时考虑到墙体细小裂缝、轴压比及其他因素的影响, ^[2]墙体的抗弯刚度计算公式如下

$$K = \frac{0.3 E_q b_1}{\left(\frac{H}{\lambda}\right)^3 + 3 \frac{H}{\lambda}} (2\eta + 0.4) = \frac{0.3 \times 0.046 \times 0.0775}{\left(\frac{2.35}{0.6}\right)^3 + 3 \times \frac{2.35}{0.6}} = 1.5 \times 10^{-5} N/m$$

式中, b_1 是墙体截面等效厚度: $b_1 = \frac{A_e}{h} = \frac{0.0465}{0.6} = 0.0775m$

H是墙体的高度: H=2.35m; h是墙体截面的长度h=0.6m; ^[2] A_e 是截面的等效面积: $A_e = \frac{E_c}{E_q} \times A_c + A_q = \frac{0.03}{0.046} \times 0.0216 + 0.0324 = 0.0465m^2$;

A_c 是验算截面肋柱、框架柱混凝土面积之和: $A_c = 0.0216m^2$; A_q 是验算截面砌块面积和: $A_q = 0.0324m^2$; E_c 是混凝土的弹性模量:

$E_c = 0.03N/m^2$; E_q 是砌块的弹性模量: $E_q = 0.046N/m^2$; 轴

压比 $\eta=0.3$ 。

(三) 复合面积等效法

密肋复合墙体弹性阶段的抗侧刚度公式

$$K = \frac{\eta_c (2\eta + 0.4)}{\alpha_1 (\delta_b + \delta_s)} = \frac{\eta_c (2\eta + 0.4)}{\alpha_1 \left(\frac{H^3}{12EI} + \frac{\mu H}{GA} \right)} = \frac{1.08 \times (2 \times 0.3 + 0.4)}{1 \times \left(\frac{2.35^3}{12 \times 0.116 \times 0.098} + \frac{1.2 \times 2.35}{0.016 \times 0.2115} \right)} = 1.1 \times 10^{-3} N/m$$

其中, H是墙体的高度; I是墙体的截面惯性矩 $I = \frac{1}{12} b H^3 = 0.098m^4$; ^[1]E为墙体的弹性模量: E=0.116N/; ^[1]G为墙体的剪切模量: G=0.016N/; α_1 为墙体底部连接方式影响系数,

$\alpha_1 = 1$; $[4]\eta$; 是轴压比 (0.3 ≤ η ≤ 0.6), $\eta = \frac{N}{f_c A_c}$. 当 $\eta < 0.3$,

取 $\eta=0.3$, 当 $\eta > 0.6$. 取 $\eta=0.6$ ($\eta=0.3$); A_c 是墙体验算截面肋柱、框架柱混凝土面积之和; μ 为截面剪应力分布不均匀系数, 截面的形式仍为矩形故取 $\mu=1.2$; η_c 是肋梁、肋柱对砌块的约束系数. $\eta_c = 1 + \frac{m+n}{40} = 1 + \frac{3+2}{40} = 1.08$

式中n、m分别为墙体中肋格的层数和跨数。

(四) 图表绘制

根据实验数据绘制图表, 如图1:

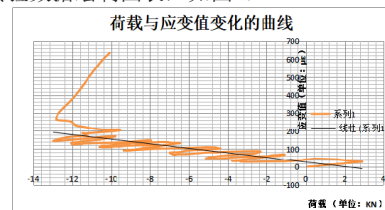


图1 荷载与应变值变化曲线

(五) 结论

通过计算以及实验数据表明:

(1) 一次面积等效法虽然严格遵从抗弯等效原理, 但计算量大, 非常的烦琐, 等效出来的截面形状复杂, 不易计算, 剪应力分布不均匀, 截面系数比较难求。

(2) 二次面积等效法计算量小, 比较简单, 但从严格的理论计算和实验出发, 我们可以看出计算所得的墙板抗弯刚度并不等于实际所测的抗弯刚度, 只是简单的去按照截面面积等效, 缺乏理论依据, 误差比较大。

(3) 由复合材料模型推导出的墙体的弹性抗弯刚度与实测值相近, 说明该模型具有一定的理论依据, 实际应用中也得到支持。并且该模型计算简便, 精度较高, 适合我们实际工程上的需要。

参考文献

[1] 关海涛. 密肋复合墙板简化计算模型研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2003, 33 (1): 13-16.

[2] 孟海. 密肋复合墙体弹性刚度试验及计算分析[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 200623 (3): 14-20.

基金项目: 2018年辽宁省大学生创业创新训练计划项目 (201810146087)