

# 夹心保温墙体连接件案例设计及力学性能研究

罗成海

中国中元国际工程有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i8.5191

**[摘要]** 将GFRP连接件运用于一种非组合式夹心保温墙体中,采用理论计算和数值模拟的方式,对非组合式夹心保温墙体中的GFRP连接件进行力学性能研究,通过计算竖向变形以及验算承载力承载力等,结果均表明FRP连接件具有可靠的力学性能和结构安全储备。

**[关键词]** GFRP连接件; 力学性能; 理论分析; 有限元分析

**中图分类号:** TU973+.16 **文献标识码:** A

## Study on the Design and Mechanical Properties of the Connectors in Sandwich insulation Wall

Chenghai Luo

China IPPR International Engineering Co.Ltd

**[Abstract]** Through theoretical calculation and numerical simulation, the mechanical properties of GFRP connectors in non combined sandwich insulation wall are studied. The results show that FRP connectors have reliable mechanical properties and structural safety reserves.

**[Key words]** GFRP connectors; mechanical property; theoretical analysis; finite element analysis

### 前言

随着装配式建筑的快速发展,连接件在保温墙体中的使用逐渐增多。而我国连接件多数产品是从国外引进,国内厂家对连接件是改设计也是基于国外标准进行的,这就存在与国内标准衔接的问题。使得国内各种连接件产品的质量与设计无法进行技术规范统一。若对连接件在实际应用中不当,可能会存在很大的安全隐患问题。本文就GFRP连接件,基于AC320标准《锚固于混凝土中的纤维加固复合拉结件验收标准》中的技术要求,要求将其运用到实际的保温墙体中,就其安全性进行研究。

### 1 模型设计

#### 1.1 设计原则

按照AC320标准《锚固于混凝土中的纤维加固复合拉结件验收标准》要求,连接件的设计安全系数为4.0;同时为了防止外叶墙之间的胶缝拉裂以及门窗的正常开启,该标准要求拉接件在外叶墙自重的作用下产生的竖向弹性位移应小于2.54mm;另外应控制每只拉结件承受的外叶墙自重不超过允许剪切荷载。

#### 1.2 夹心保温墙设计

本文采用“非组合式夹心保温墙体”,即内、外叶墙可以相对滑移,不形成整体机构共同受力,外叶墙仅作为荷载通过连接件作用在内叶墙上,内叶墙起承重和结构作用,连接件相当于一个悬臂的构件,外叶墙在自重的作用下产生垂直位移。保温墙体

构成为200厚C40内叶墙+90mmXPS保温层+60厚C30外叶墙,外叶墙面积为 $10.14\text{m}^2$ ,如图1所示;根据墙体及保温板厚度可选用Thermomass品牌MS90型GFRP板式连接件,如图2所示,相关性参数如表1、表2所示。连接件布置形式采用矩形形式400x400布置,共70只MS90拉接件,平均每只连接件承受 $0.145\text{m}^2$ 外叶墙和保温板,如图3所示。混凝土重度取 $2500\text{kg}/\text{m}^3$ ,保温板重度取 $40\text{kg}/\text{m}^3$ ,即每平米外叶墙及保温板自重为 $1.536\text{KN}/\text{m}^2$ ,可计算每只连接件所承受的外叶墙和保温板重力荷载为223N,小于允许剪切力323N,符合AC320标准要求。

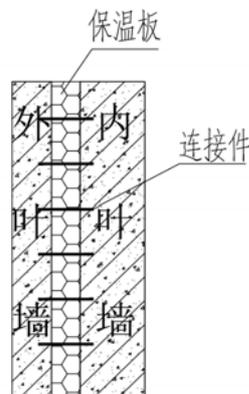


图1 保温墙体剖面

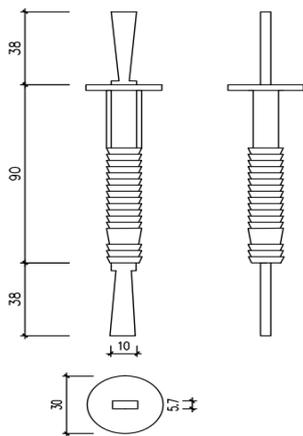


图2 GFRP连接器

表1 MS90型连接件的物理性能指标

指标名称	数值
横截面积	50.5mm <sup>2</sup>
平均转动惯量	243 mm <sup>4</sup>
嵌入混凝土深度	38 mm
拉伸强度	800MPa
拉伸弹性模量	40000MPa
弯曲强度	844MPa
弯曲弹性模量	30000MPa
剪切强度	57.6MPa

表2 MS90产品在混凝土中的承载力试验值

型号	MS90
锚固长度	38mm
混凝土强度	C30
锚固抗剪承载力	1292N
锚固抗拉承载力	7576N
允许剪切力 V <sub>t</sub>	323N
允许锚固抗拉力 P <sub>t</sub>	1894N

2 理论计算

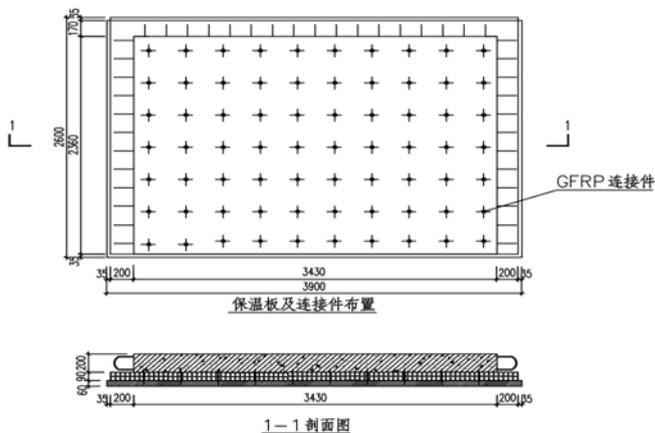


图3 连接器布置方式

对正常使用工况下连接件的竖向弹性位移计算, 以及夹心墙板在脱模工况、运输和起吊工况、正常使用工况下进行受力分析。简化计算模型如图4所示。

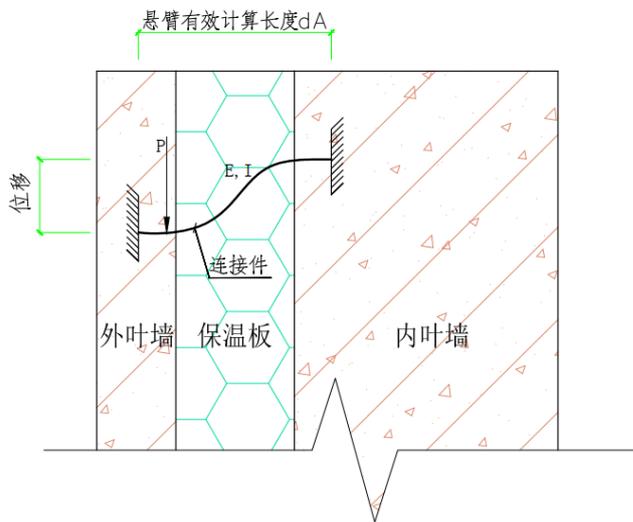


图4 力学简化计算模型

2.1 竖向弹性位移

连接件在外墙及保温板重力作用下竖向弹性位移计算:

竖向位移 Δ 按式(1-1)就算得2.48mm, 小于允许值2.54mm。

其中悬臂有效计算长度按式(1-2)计算得为98mm。

$$\Delta = \frac{Pd_A^3}{12EI} \tag{1-1}$$

$$d_A = d_d + \frac{2}{3}h_v \left[ 1 - \frac{1}{1 + \frac{h_v}{d_d}} \right] \tag{1-2}$$

式中:

P为单只连接件所受剪切荷载;

E为连接件弯曲弹性模量;

I为连接件转动惯量;

d<sub>d</sub> 为保温板厚度;

h<sub>v</sub> 拉结件锚固长度;

2.2 脱模工况受力验算

当构件生产时, 如果采用平吊出模时, 保温拉接件承受外叶墙自重和动力系数及模板的吸附力, 拉力叠加。

根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014第6.2.3条: 当构件采用平吊脱模时, 拉接件承受外叶墙和保温板自重和动力系数可取1.2, 同时需要承受模台的吸附力大于1.5kPa。即: 计算得该工况下安全系数K为15.6, 远大于4.0, 满足脱模安全要求。

2.3 运吊、运安装工况受力验算

在运输和起吊过程中,拉接件承受外叶墙自重剪力和动力系数,剪力叠加作用。根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014第6.2.3条:预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算,应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时,动力系数宜取1.5,计算得该工况下安全系数K1为4;构件翻转及安装过程中就位、临时固定时,动力系数可取1.2,计算得该工况下安全系数K2为4.8。即本文夹心保温墙体连接件满足规范规定的运输、起吊安装时的安全储备要求。

### 3 数值模拟分析

按照前文要求近似建立三维有限元模型,如图5所示。本文主要考虑连接件受预制夹心墙板外叶墙体的自重(9.8N/kg)作用,同时对内叶墙的上下端进行完全固结,从而连接件进行应力和变形情况。

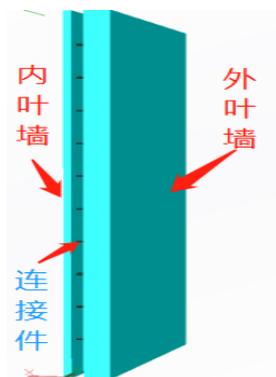


图5 (a) 夹心保温墙体

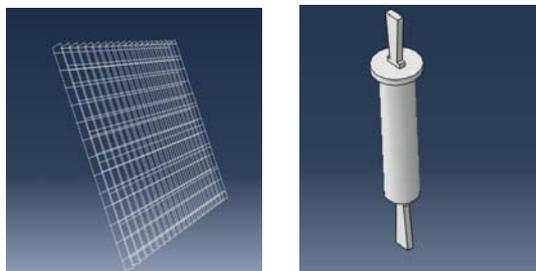


图5 (b) 钢筋网、连接件 图5 三维有限元模型示意

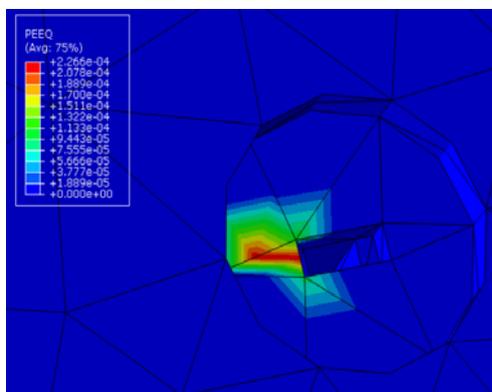


图6 混凝土塑形等效应变

从数值结果看,如图6所示混凝土受连接件挤压局部区域由

于应力集中局部出现微小损伤;而连接件最大应力为13.92MPa,如图7所示,是其屈服强度1/57倍,即连接件本身无破坏;竖向变形如图7所示,可知FRP连接件在预制夹心内外叶墙板中产生的竖向(重力方向)变形最大值为1.678mm小于规范规定的2.54mm,满足AC320技术规范竖向变形要求。

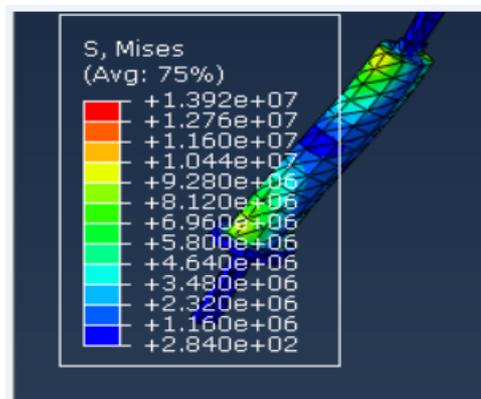


图7连接件应力状态

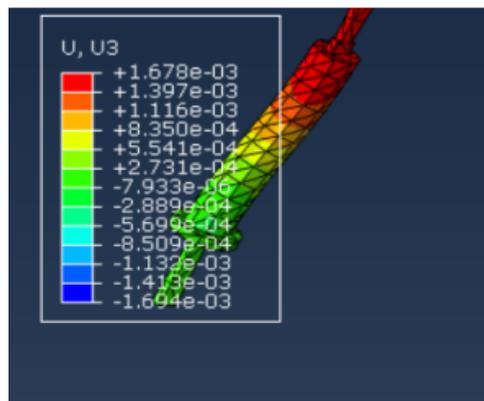


图8 连接件竖向变形

### 4 结论

通过理论计算和有限元分析的方法对GFRP连接件进行受力和变形分析,得知在将连接件合理布置于夹心保温墙体时,混凝土已出现塑性损伤而连接件本身受力和变形均满足规范要求,且没发生破坏。由此表明该GFRP连接件具有可靠的安全性能储备。

### [参考文献]

- [1]Acceptance criteria for fiber-reinforced composite connectors anchored in concrete: ACI320[S].2006.
- [2]蒋勤俭,吴焕娟,祁成财,等.非组合夹芯保温外墙板用非金属材料连接件的力学性能试验研究[J].建筑技术,2018(1):5.
- [3]中国建筑标准设计研究院.装配式混凝土结构技术规程:[S]JGJ1-2014.北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4]薛伟辰,付凯,李向民.预制夹芯保温墙体FRP连接件抗剪性能加速老化试验研究[J].建筑结构,2012(07):106-108.

### 作者简介:

罗成海(1995--),男,回族,宁夏同心县人,硕士研究生,助理工程师,从事结构设计工作。