

# 复合墙板模具设计计算模拟分析\*

徐春一, 赵欢, 陈凤闯

(沈阳建筑大学土木工程学院, 沈阳 110168)

**[摘要]** 针对现有需要多次组模浇筑的固定模位式复合墙板模具拆卸困难、内叶墙模具达不到使用寿命和每套模具只能生产一种墙板等缺点,采用三维设计软件 SKETCHUP 与 AUTOCAD 平面制图相结合的设计方法对固定模位式复合墙板模具进行设计,并采用 SAP2000 软件对所设计的复合墙板模具受力状态进行计算模拟分析,对其底模及底模支架和内叶墙模具的承载力和刚度进行校核。复合墙板模具在模拟计算分析过程中,其承载力和刚度均满足相应标准。通过计算模拟分析表明:设计的模具能在各种工况条件下正常使用。

**[关键词]** 复合墙板; 模具; 承载力; 刚度

**中图分类号:** TU398 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-848X(2015)S2-0509-04

## Simulation calculation analysis of composite wallboard mould design

Xu Chunyi, Zhao Huan, Chen Fengchuang

(Civil Engineering College, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** In view of shortcomings of composite wallboard mould in fixed mode type of multiple assembly mould pouring, inner lobe mould can not reach life, each mold can only produce a wallboard and so on, the fixed mode composite wallboard mould was designed combining three-dimensional design software SKETCHUP and AUTOCAD. The stress state of composite wallboard mould was calculated and analyzed using the SAP2000 software, the bearing capacity and stiffness of each part of the bottom mould and bottom stent and inner lobe mould of composite wallboard in fixed mode type were checked. In the process of simulation calculation analysis of composite wallboard mould, bearing capacity and stiffness meet the corresponding standards. Simulation calculation analysis shows that the composite wallboard mould design can be normally used in all kinds of conditions.

**Keywords:** composite wallboard; mould; bearing capacity; stiffness

## 0 引言

工业化住宅是未来我国住宅的发展模式<sup>[1]</sup>,其本质是在城市建设领域实现规模化和工业化生产,其核心是将房屋工程建设由传统“现场建造”变为“工厂制造、现场安装”。上述目标要求相关可装配式<sup>[2]</sup>关键部品实现标准化、模数化和系列化,要求进行配套模具<sup>[3-7]</sup>设计、制作加工并用模具完成部品装配生产。在这些环节中模具起到承上启下的作用,其设计是否合理直接影响到部品工厂自动化程度、现场安装效率和部品质量。因此,模具优化设计问题应引起足够的重视。随着预制部品动模位自动化生产线的投入使用。

复合墙板<sup>[8]</sup>结构是北方地区应用前景广阔的结构,由多种建筑材料复合而成,代替了传统的砖瓦,它具有环保节能无污染、轻质抗震、防火、保温、隔音、施工快捷的明显优点,其发展和应用顺应了我国墙体材料改革的需要。针对现有需要多次组模浇筑的固定模位式复合墙板模具<sup>[2]</sup>拆卸困难、内叶墙模具达不到使用寿命和每套模具只能生产一种墙板等特点进行分析,改进了传统的复合墙板模具,对所设计的底模、

底模支架及内叶墙模具建立模型模拟其受力,并且针对各个工况进行承载力和刚度的校核,为预制混凝土构件厂的技术改进提供理论支持。

## 1 复合墙板模具的设计

针对我国北方地区复合墙板需要两次组模、两次浇筑的技术特点,进行分析、归纳和总结,采用三维设计软件 SKETCHUP 与 AUTOCAD 平面制图相结合的设计方法对固定模位式复合墙板模具进行设计。固定模位式复合墙板模具由底模钢结构基座、底模支架及底模钢板、外叶墙模具、内叶墙模具和窗模构成。

底模钢结构基座主要承担底模支架及底模自重、钢筋混凝土自重及施工荷载传递下来的力。底模钢结构由底模钢结构支架与底模钢板共同组成,其作用是承担上部墙体模具及浇筑混凝土时传递下来的力,并与上部外叶墙侧模直接相连。外叶墙模具主要考虑构件受到混凝土侧压力和振捣倾倒混凝土时产生

\* 国家自然科学基金项目(51408373),辽宁省教育厅科学研究一般项目(L2013231)。

作者简介:徐春一,硕士生导师,副教授,Email: xuchunyi@163.com。

的冲击力。复合墙板内叶墙是墙体承担竖向荷载及水平荷载的核心区,也是墙体主要受力钢筋的配置区域;在模具设计中通过设置合理连接件,确保内、外叶墙间共同受力并组成统一整体。

窗模固定在底模支架及钢板上,模具由 4 个角部构件和 4 个中部构件。

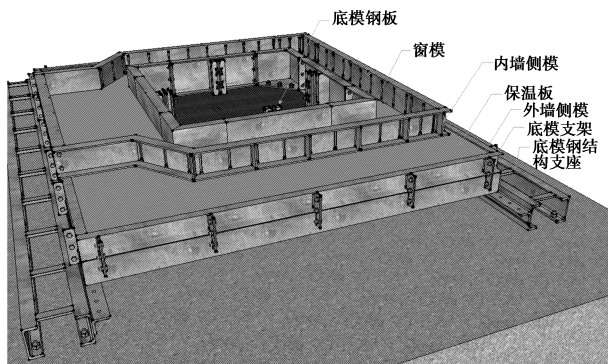


图 1 固定模位式复合墙板模具整体组装效果图

## 2 复合墙板模具模拟分析计算

### 2.1 模型建立的关键点

#### (1) 材料特征参数

Q235:弹性模量  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ , 密度  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ , 泊松比  $\lambda = 0.3$ , 容许应力  $[\sigma] = 215 \text{ MPa}$ 。

#### (2) 单元类型的选择

应根据结构的受力特征和分析目标选用合适的单元类型。SAP2000<sup>[9,10]</sup> 提供了杆、梁、板、壳、平面、实体等丰富的单元类型。计算中用杆单元绘制底模支架并用壳单元绘制底模钢板和内叶墙模具。

#### (3) 荷载的处理

当单元受有均布荷载或其他非节点荷载时,将其向节点移置,即将非节点荷载换算成作用在节点上的效果相当的集中荷载,这样的做法称为等效节点荷载。

#### (4) 约束条件的处理

约束条件是建立模型中的重点。运用不恰当的约束将会导致计算结果与真实的结果出现较大的出入,甚至造成计算失败。

### 2.2 底模及底模支架

#### 2.2.1 模型的建立

##### (1) 荷载的取值

根据亚泰集团沈阳现代建筑工业有限公司提供的荷载资料,结构分析取以下几种荷载:

恒荷载  $D$ : 1) 底模及底模支架按表 1 自重标准值取为  $0.5 \text{ kN/m}^2$ 。2) 新浇筑的钢筋混凝土自重标准值。

由于新浇筑的混凝土自重可取  $24 \text{ kN/m}^3$ , 而钢筋

自重可取  $1.1 \text{ kN/m}^3$ , 在实际施工中外叶墙面积较内叶墙面积大,粗略计算新浇筑的钢筋混凝土自重标准值为  $6.5 \text{ kN/m}^3$ 。

模板及支架的自重标准值  $G_{1k}/(\text{kN/m}^2)$  表 1

| 项目名称                 | 木模板  | 定型组合钢模板 |
|----------------------|------|---------|
| 无梁楼板的模板及小楞           | 0.30 | 0.50    |
| 有梁楼板模板(包含梁模板)        | 0.50 | 0.75    |
| 楼板模板及支架(楼层高度在 4m 以下) | 0.75 | 1.10    |

活荷载  $L$ : 作用在底模和底模支架上的施工人员及施工设备荷载标准值可取为  $3.0 \text{ kN/m}^2$ 。

#### (2) 边界约束条件

所有节点采取铰接形式,建立的底模及底模支架模型见图 2。

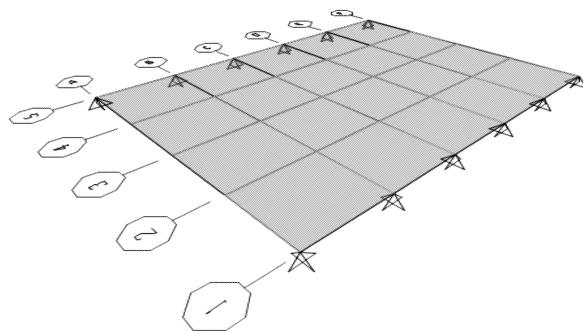


图 2 底模及底模支架模型

#### 2.2.2 模拟结果分析

(1) 底模与底模支架承载力及刚度验算需要验算的荷载工况见表 2。

底模与底模支架分析时采用的工况 表 2

| 工况 | 荷载组合内容         |
|----|----------------|
| A  | $1.35D + 1.4L$ |
| B  | $1.0D + 1.0L$  |

#### (2) 模型分析

工况 A 分析结果见图 3。工况 A 作用下底模支架梁端最大应力为  $106.15 \text{ N/mm}^2$  小于  $215 \text{ N/mm}^2$ , 满足规范要求。

工况 B 分析结果见图 4。工况 B 作用下底模及底模支架最大挠度约为  $3.9931 \text{ mm}$ , 约占梁的长度的  $1/650$ , 满足表 3 的要求。



图 3 工况 A 作用下底模支架梁应力分布图/( $\text{N/mm}^2$ )

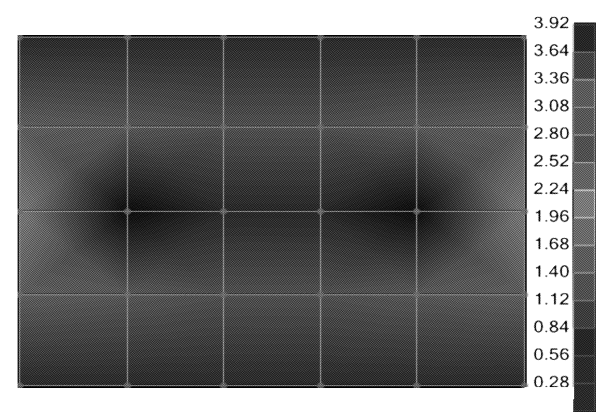


图 4 工况 B 作用下的底模及底模支架变形图/mm

| 预制构件钢模具的挠度容许值 |         |                     | 表 3 |
|---------------|---------|---------------------|-----|
| 项次            | 模板构件类型  | 构件挠度容许值[ <i>w</i> ] |     |
| 1             | 底模支架梁   | $L/400$             |     |
| 2             | 内、外叶墙模板 | $L/150$             |     |
| 3             | 底模      | $L/150$             |     |

注:1)*L* 为受弯构件的跨度;2) [*w*] 为永久荷载和可变荷载标准值产生的挠度容许值。

2.3 内叶墙模具

2.3.1 模型的建立

(1) 荷载的取值

根据亚泰集团沈阳现代建筑工业有限公司所提供荷载资料,内叶墙模具结构分析取以下几种荷载:

恒荷载:新浇筑的混凝土的侧压力标准值,按下列公式计算,并应取其中的较小值:

$$F = 0.43 \times 25 \times \frac{200}{20 + 15} \times 0.9 \times \sqrt[4]{25} = 52.30\text{kN/m}^2$$

$$F = r_c H = 25 \times 0.2 = 5\text{kN/m}^2$$

最大侧压力取小值,所以  $F = 5\text{kN/m}^2$ , 而  $h = \frac{5}{25} = 0.2\text{m}$ 。

荷载处理:对于出现三角形荷载的内叶墙模具,需要对其壳单元进行面剖分处理,具体剖分办法如图 5 所示。

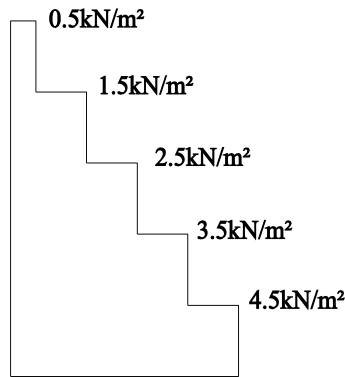


图 5 新浇筑的混凝土的侧压力标准值等效荷载图

活荷载:振捣并倾倒混凝土时对模板水平方向产生的荷载标准值根据表 4 所提供器皿容积取为  $4\text{kN/m}^2$ 。

倾倒和振捣混凝土时对垂直面模板产生的  
水平荷载标准值 / ( $\text{kN/m}^2$ )

表 4

| 向模板内供料方法                           | 水平荷载 |
|------------------------------------|------|
| 溜槽、串筒或导管                           | 2    |
| 容量小于 $0.2\text{m}^3$ 的运输器具         | 2    |
| 容量为 $0.2 \sim 0.8\text{m}^3$ 的运输器具 | 4    |
| 容量大于 $0.8\text{m}^3$ 的运输器具         | 6    |

(2) 边界约束条件:所有节点采取铰接形式,限制模型平动。

(3) 建立内叶墙模具模型如图 6 所示。

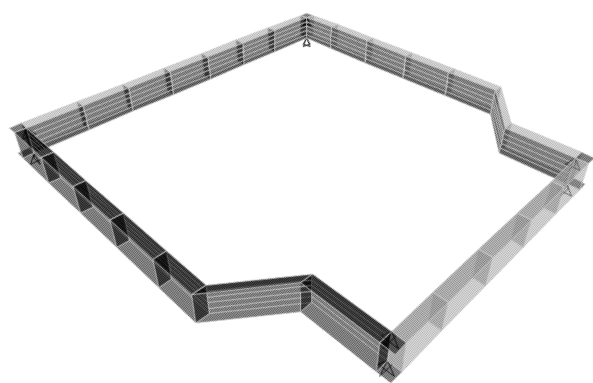


图 6 内叶墙模具模型

2.3.2 模拟结果分析

内叶墙模具承载力及刚度校核验算需要验算的荷载工况见表 5。

内叶墙模具分析时采用的工况

表 5

| 工况项次 | 荷载组合内容         |
|------|----------------|
| C    | $1.35D + 1.4L$ |
| D    | $1.0D + 1.0L$  |

工况 C 分析结果见图 7。由应力分布图可以看出,内叶墙模具最大应力不超过  $42\text{N/mm}^2$ , 远小  $215\text{N/mm}^2$ , 满足规范要求。

工况 D 分析结果见图 8。工况 D 作用下内叶墙模具的最大挠度约为  $0.595\text{mm}$ , 约占内叶墙模具宽度的  $1/3025$ , 满足表 3 的要求。

3 结论

(1) 设计底模的作用相当于上部相关子模具的基础,要求有足够的承载力,并且能适应上部模具尺寸局部调整。底模支架的作用是承担上部墙体模具及浇筑混凝土时传下的力,并与上部外叶墙侧模直接相连。因此对底模及底模支架有较高的承载力和刚度

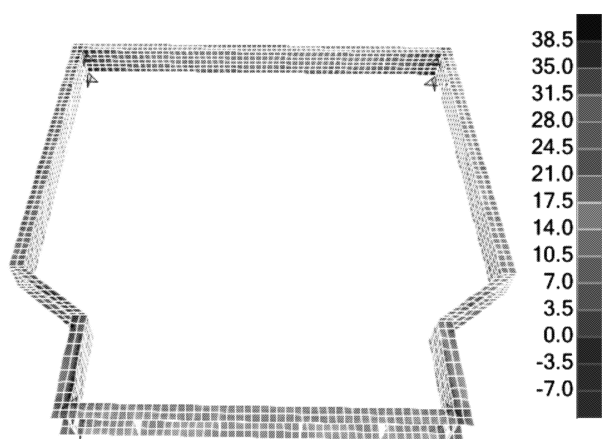


图7 工况 C 作用下内叶墙模具应力分布图/(N/mm<sup>2</sup>)

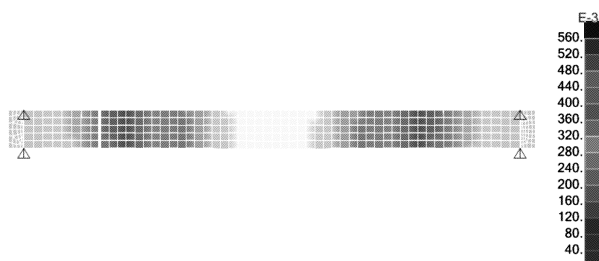


图8 工况 D 作用下内叶墙模具的变形图/mm

要求,模拟过程中,在 A,B 两种工况受力状态下,所设计的底模及底模支架均能很好地满足承载力和刚度要求。

(2)内叶墙是墙体承担竖向荷载及水平荷载的核

心区,内叶墙模具主要承担新浇筑混凝土的侧压力和倾倒混凝土和振捣混凝土时产生冲击力,在工况 C,D 条件下,通过计算模拟分析,承载力和刚度满足要求,所设计的模具能在各种工况条件下正常使用。

#### 参 考 文 献

- [1] 颜宏亮,苏岩荪. 装配整体式保障性住房设计研究[J]. 住宅科技,2011(11):24-27.
- [2] 曹慧,陈凤闯. 预制装配式剪力墙结构住宅施工技术[J]. 土木工程建设管理,2012(7):108-111.
- [3] 陈良杰. 中国模具工业发展史[J]. 模具工业,1985(5):21-22.
- [4] 张耀生,顾进,钱文恺,等. 预制混凝土构件的模具装置[P]. 中国专利:CN202029221U,2011-11-09.
- [5] 包应中. 日本预制构件模板简介[J]. 施工技术,1996(11):45.
- [6] 陈凤闯,曹慧. PC 构件模具技术的发展应用[J]. 土木工程建设管理,2012(7):112-113.
- [7] 陈凤闯. 复合墙板多次组模浇筑的模具应用技术研究[D]. 沈阳:沈阳建筑大学,2012.
- [8] 曹慧,陈凤闯. 预制混凝土夹心墙板生产工艺的研究[J]. 土木工程建设管理,2012(7):102-107.
- [9] 北京金土木软件技术有限公司,中国建筑标准设计研究院. SAP2000 中文版使用指南[M]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [10] 黄金宝. 整体提模施工技术的研究及应用[D]. 重庆:重庆大学,2009.