

# 新型装配式复合墙板组合结构抗震性能研究

刘玉珍

(吉林工程技术师范学院)

**摘要:** 为了研究装配式泡沫混凝土复合墙板的抗震性能,在新型框架复合墙板的力学性能文献研究的基础上,应用有限元分析对该墙板的抗震性能开展研究。这项研究通过对该墙板施加竖向均布荷载和水平单调荷载进行分析,得到关于位移-承载力的滞回曲线,分析其刚度退化、耗能能力、整体承载能力等性能,探讨了框架-泡沫混凝土复合墙板结构的抗震性能的影响及规律。

**关键字:** 复合墙板;有限元分析;抗震性能

## 引言

随着我国经济蓬勃发展,为了推进现代社会建设前进的步伐,我国建筑行业突飞猛进。尤其是在住宅建设与商业产业齐头并进的背景下,现代化建设迫切需要一种新型的结构形式。装配式是目前建筑行业炙手可热新型建筑结构形式,这种结构形式拥有着预制墙板的各种优点,如节约建设成本、工期短等,其灵活性更容易满足使用者的需求,最重要的是响应了国家政府要求,能够凸显节能环保的特点<sup>[1]</sup>。

## 1 框架-泡沫混凝土复合墙板介绍

### 1.1 构造形式

框架-泡沫混凝土复合墙板结构是外框为钢筋混凝土柱,内部由泡沫混凝土墙板配置斜向交叉的钢筋,而形成的一种整体预制的新型装配式墙板,如图1所示。这种整体式预制墙板占据了结构上的优势,其内部配置的斜向钢筋笼相当于斜向支撑体系,其特点是延性好、耗能能力强、抗侧移刚度大。在实际工程应用时,能够通过增大其屈服荷载和极限荷载增大其持续耗能的能力,通过增强结构可靠性的方式保证墙板的稳定性。

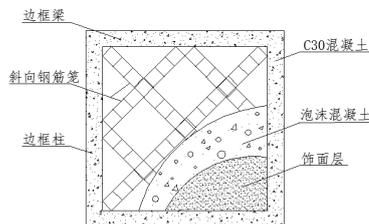


图1 框架-泡沫混凝土复合墙板构造示意图

### 1.2 结构分析

参照《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231-2016中相关要求对框架-泡沫混凝土复合墙板进行设计,按相关要求该试验在模拟时忽略混凝土间的粘结滑移。为了更好的研究墙板在荷载下的耗能能力,同实际施工步骤在其四周分别设置梁和柱,对结构整体抗震性能分析。如图2所示。

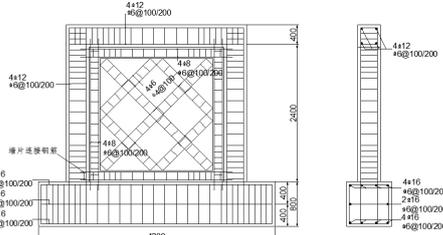


图2 配筋示意图

## 2 试验设计

泡沫混凝土复合墙板结构由两种不同混凝土组成,即普通混凝土和泡沫混凝土,其接触面无法识别,内部斜向钢筋错综复杂导致捕捉对象的边界条件难以确定,所以本试验采用ABAQUS有限元分析法<sup>[2]</sup>。参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012,在前期已有试验的基础上,利用已有实

验的数据进一步对该墙板的耗能能力、承载能力等数据进行有限元模拟分析。该试验的加载方式是在墙板左侧施加水平位移点荷载,施加方式为循环次数,数值大小由实际轴压比大小计算确定,同时墙板顶部在施加一次性竖向均布面荷载,数值为450KN。

表1 混凝土材料性能

构件名称	强度等级	立方体抗压强度 (Mpa)	轴心抗压强度 (Mpa)
边框架、边框柱	C30	38.8	22.5
泡沫混凝土板	C20	27.2	20.1

表2 钢筋材料性能

直径	种类	屈服强度 (Mpa)	极限强度 (Mpa)	弹性模量 (Mpa)
6	HPB300	300	420	2.1×10 <sup>5</sup>
8	HPB300	300	420	2.1×10 <sup>5</sup>
12	HRB335	335	455	2.1×10 <sup>5</sup>
18	HRB335	335	455	2.1×10 <sup>5</sup>

## 3 有限元分析

### 3.1 应力云图

图3为试件的应力应变云图,应力分布是沿墙板左上角至右下角发生破坏,位于泡沫混凝土墙板的斜对角方向,这样的现象是因为试件的位移加载点位于左上角处,单一一侧的点荷载导致这样的现象发生,由于这个破坏为不明显屈服现象,不足以影响墙板的整体耗能能力研究,可以忽略不计。但墙板只是右下角出现轻微的应力集中现象,而上方以及左右两侧的小边框处并没有出现明显的应力集中现象,说明墙板与边框柱的底部连接处是最薄弱的部位。连接处底梁箍筋略微的隆起现象,柱底的插筋达到强度最大值,说明只设置插筋的连接方式是不够的,还需要其他措施配合。

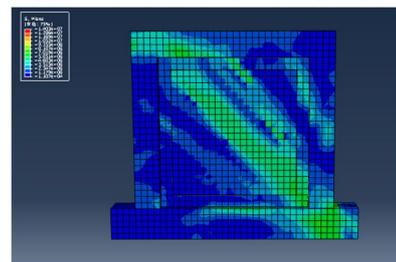


图3 模型应力云图

### 3.2 滞回曲线

试件承载力逐渐达到最大荷载后,刚度退化明显,承载力迅速下降,耗能能力也下降较快。由于连接处钢筋设置较少,没有能够辅助传递应力的附加筋,导致此处的钢筋承载能力不够先屈服,墙板整体抗震能力明显下降,如图4所示。

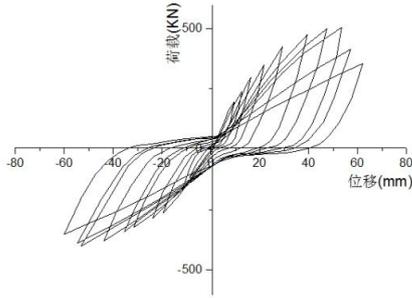


图4 P-Q4 滞回曲线

### 3.3 骨架曲线

骨架曲线是将滞回曲线各循环中的峰值荷载相连后得到的包络线，是每个周期的峰值荷载最大的轨迹，和单调加载荷载-变形曲线相似<sup>[9]</sup>。反映了构件在荷载作用下的不同阶段和特点，如位移延性、刚度退化、承载能力、耗能能力及抗倒塌能力等。

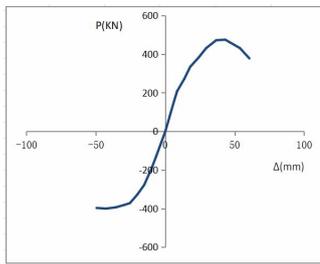


图5 骨架曲线示意图

如图5所示，在加载前期，曲线基本处于弹性阶段，曲线的走势较平滑，说明该复合墙板结构的延性性能较好。达到屈服荷载后，构件的承载力增加变得缓慢。达到最大荷载后，试件出现不同程度的刚度退化现象，说明泡沫混凝土复合墙板整体的抗震性能较好。

### 3.4 刚度退化

刚度退化曲线对于分析结构整体的抗震性能来说至关重要。通过刚度退化曲线可以得知墙体受外力作用时出现裂缝情况，也可以直接体现材料发生的塑性变形。

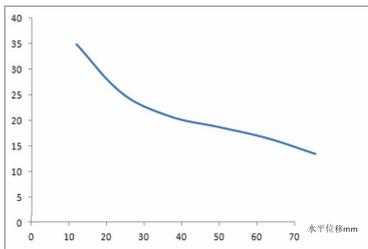


图6 刚度退化曲线示意图

如图6所示，在加载初期，构件的下降速度较快，刚度一直趋于平稳，这是由于插筋的连接形式单一。后期钢筋过早屈服导致刚度退化较慢，这种构件抵抗变形能力较好。构件的整体刚度证明了结构抵抗变形的能力较好。

## 4 结论

运用 ABAQUS 软件对框架-泡沫混凝土复合墙板进行一次性竖向均布荷载及水平低周往复荷载，对构件的模拟数据处理分析，得出以下结论：

(1) 从应力应变云图中可以看出，墙板的应力集中点均出现在复合板的下端，与底梁连接部位，其中沿板底 45° 方向变形较严重，这是由于内部斜向钢筋笼的存在，钢筋笼与泡沫混凝土共同工作抵抗外力。

(2) 从位移-荷载曲线来看，试件的滞回曲线大体呈反 S 形。试件施加荷载后，随着变形的增加试件的刚度退化也不断增加；试件达到峰值荷载后滞回环出现明显的“捏缩”现象，耗能能力降低，峰值荷载后承载力下降平缓，刚度退化并不明显。

(3) 从延性性能来看，泡沫混凝土复合墙板结构具有较好的抗震性能，但墙板底部与底梁采用插筋连接方式并未对复合墙板的延性起到明显的作用，有待改进。

(4) 从耗能能力来看，内部斜向钢筋钢筋笼锚入外边框的连接方式对于泡沫混凝土复合墙板的耗能能力来说是有益处的。

## 参考文献

[1] 中国建筑技术发展研究中心, 中国建筑科学研究院. JGJ1-2014 装配式大板居住建筑设计和施工规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.

[2] Sridharan S, Igarashi A, Priestley M.J.N, Seibel F. Test Design of the press five-story Precast Concrete Building [C]. Proceeding. 68th Annual convention. Structural Engineers Association of California. Santa Barbara, CA. 2013. 255-261.

[3] 钱稼茹, 杨新科, 秦巧, 彭媛媛, 张景明, 李建树. 竖向钢筋采用不同连接方法的预制钢筋混凝土剪力墙抗震性能试验[J]. 建筑结构学报. 2011 (06): 51-59.