

文章编号: 1000-5013( 2008) 03 0437- 03

节能砌块隐形密框墙体受剪承载力计算方法

李立峰, 李升才, 罗焯钊

( 华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 设计 6 片比例为 1: 2 的模型墙体, 通过拟静力试验研究节能砌块隐形密框墙体抗剪承载力性能, 以及墙体受剪承载力的影响因素. 结果表明, 影响节能砌块隐形密框墙体受剪承载力的因素是多方面的, 其中隐形密框的强度及墙体配筋起主导作用. 通过模型墙体的拟静力试验及其数据的统计回归, 定义混凝土砌块强度、配筋等对墙体抗剪影响因素的贡献值, 提出节能砌块隐形密框墙体实用受剪承载力计算公式.  
关键词: 节能砌块; 隐形密框墙体; 拟静力试验; 受剪承载力; 计算公式  
中图分类号: TU 372.1+ 10.1 文献标识码: A

节能砌块隐形密框结构是一种轻型节能抗震的新型结构体系. 该结构利用空心砌块作外模, 内浇隐形密肋柱和隐形密肋梁, 从而改变了单一砌体结构受力和抗震性能差的缺点. 在水平荷载下, 热阻节能砌块与隐形密框共同工作, 相互作用, 充分发挥各自性能, 使结构受力合理、传力途径明确、整体性加强. 本文通过通过模型墙体的拟静力试验及其数据的统计回归, 提出节能砌块隐形密框墙体实用受剪承载力计算公式.

1 拟静力试验

1.1 试件设计

试验试件为 6 块按 1: 2 比例缩尺的模型墙体. 墙体设左右翼墙, 其水平截面呈“└┴”形. 各试件尺寸相同, 腹板为 2 700 mm×1 350 mm×110 mm, 翼墙为 900 mm×1 350 mm×110 mm. 试件的主要设计参数如表 1 所示. 表 1 中, 设计强度等级为  $K$ , 实测强度为  $f_c$ .

表 1 试件的主要设计参数

Tab.1 The primary parameters of models

试件	$K$	$f_c/\text{MPa}$	内肋柱	边肋柱	内肋梁	边肋梁	试件	$K$	$f_c/\text{MPa}$	内肋柱	边肋柱	内肋梁	边肋梁
EW1-1	C20	16.5	1Φ6	1Φ8	1Φ6	1Φ8	EW2-2	M20	17.5	1Φ8	1Φ10	1Φ6	1Φ8
EW1-2	M20	16.4	1Φ6	1Φ8	1Φ6	1Φ8	EW3-1	C20	22.8	2Φ6	2Φ8	1Φ8	1Φ10
EW2-1	C20	19.3	1Φ8	1Φ10	1Φ6	1Φ8	EW3-2	M20	17.2	2Φ6	2Φ8	1Φ8	1Φ10

1.2 加载装置及加载方法

对墙体进行拟静力试验, 考虑到墙体在最不利条件下的抗剪性能, 忽略轴向力作用, 直接对墙体施加水平低周往复荷载. 荷载采用位移控制, 当达到极限荷载后, 每一荷载等级循环两次, 直到墙体倒塌或达到极限荷载的 80% 以下. 加载装置如图 1 所示.

1.3 试验结果分析

试验结果表明, 节能砌块隐形密框墙体的极限承载力和极限位移均较普通砌块墙体有不同程度的提高. 试件以剪压破坏形态为主, 破坏时, 裂缝数量明显增多, 但在隐形密框肋柱及肋梁阻隔作用下, 裂

收稿日期: 2007-09-03  
作者简介: 李立峰( 1980- ), 男; 通信作者: 李升才( 1960- ), 男, 教授, 主要从事工程结构计算与分析的研究. E-mail: lsc50605@hqu.edu.cn.  
基金项目: 福建省自然科学基金资助项目( E0540004); 建设部研究开发项目( 06-K3-17); 泉州市科技重点项目( 2005G7); 华侨大学高层次人才科研启动项目( 04BS205)

缝分布比较均匀,缝宽较小,且主斜裂缝也并不突出.试件受剪承载力及位移试验结果如表 2 所示.表 2 中,  $V_0$  为初裂荷载,  $\Delta_0$  为初裂位移,  $V_m$  为极限荷载,  $\Delta_m$  为极限荷载对应位移.

表 2 试件受剪承载力及位移试验结果

Tab. 2 Test results of shear strength and displacement

试件	加载方向	$V_0$ /kN	$\Delta_0$ /mm	$V_m$ /kN	$\Delta_m$ /mm	试件	加载方向	$V_0$ /kN	$\Delta_0$ /mm	$V_m$ /kN	$\Delta_m$ /mm
EW1-1	推	70	- 1.0	214	- 4.3	EW2-2	推	61	- 0.7	255	- 6.3
	拉	90	1.3	193	6.8		拉	134	1.8	248	6.3
EW1-2	推	134	- 1.8	211	- 5.3	EW3-1	推	60	- 0.7	219	- 5.3
	拉	98	1.3	203	5.3		拉	75	1.0	218	5.3
EW2-1	推	65	- 0.7	210	- 4.3	EW3-2	推	63	- 0.7	270	- 8.3
	拉	70	1.0	210	5.2		拉	87	1.0	271	7.3

2 墙体承载力分析

2.1 计算模型

节能砌块隐形密框墙体受水平往复荷载,在加载初期,节能砌块和隐形密框紧密结合,二者变形协调,可等效为一体,类似混凝土剪力墙,可采用竖向悬臂模式计算.砌块开裂以后,隐形密框的肋梁、肋柱有效阻止了裂缝的发展及贯通,这类似全灌芯配筋砌块砌体,砌块可等效为斜压杆,则采用桁架模式计算<sup>[1]</sup>.

2.2 影响墙体承载力因素

对于节能砌块隐形密框墙体,有以下 4 个不同的抗剪承载力.(1) 墙体底部剪压区的抗力.受到墙体滑移和砌体抗压强度的限制.(2) 沿斜裂缝的摩擦力.即骨料间的咬合力.(3) 来自水平钢筋提供的抗剪强度.(4) 还有竖向钢筋的销栓作用<sup>[2]</sup>.所以,影响墙体承载力的因素,主要包括墙体的剪跨比、砌块的强度、隐形密框肋柱、肋梁的强度、水平和竖直配筋,以及对墙体施加的竖向压力.

3 墙体受剪承载力计算公式

3.1 理论公式

借鉴规范中混凝土剪力墙和配筋砌体的抗剪承载力公式<sup>[3-4]</sup>,把节能砌块隐形密框墙体受剪承载力理论计算公式定义为

$$V = \frac{1}{a\lambda - b} [ \eta_1 (f_{ct}^c A_z^c + f_{ct}^q A_q) + \eta_2 f_{ct}^c A_l^c + \eta_3 f_{y,1}^s A_1^s + \eta_4 f_{y,z}^s A_z^s ]. \tag{1}$$

式(1)中,  $\lambda$  为墙体的剪跨比,  $a, b$  为剪跨比影响系数,  $f_{ct}^c$  为肋柱混凝土抗拉强度设计值,  $A_z^c$  为墙体内肋柱截面积,  $f_{ct}^q$  为节能砌块抗拉强度设计值,  $A_q$  为砌块截面积,  $f_{ct}^l$  为肋梁混凝土抗拉强度设计值,  $A_l^c$  为墙体内肋梁截面积,  $f_{y,1}^s$  为剪切截面内墙体水平筋设计强度,  $A_1^s$  为墙体水平筋截面积,  $f_{y,z}^s$  为剪切截面内墙体竖筋设计强度,  $A_z^s$  为墙体竖筋截面积,  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  分别为各项对墙体抗剪承载力贡献系数.

3.2 各影响因素的贡献值

(1) 剪跨比( $\lambda = b/h$ ). 试验在一般工程剪跨比范围内,试件破坏与配筋砌块砌体剪力墙,以及与剪力墙结构的墙体破坏形态有一定的相似性.鉴于后者研究比较成熟,  $1/(a\lambda - b)$  可参照规范取为  $1/(\lambda - 0.5)$ ,  $1.5 \leq \lambda \leq 2.2$ . (2) 砌块和混凝土肋柱强度.在弹性阶段,两者变形协调,共同受力,因此把两者统一考虑.其中,混凝土肋柱强度是墙体抗剪承载力的决定性因素. (3) 隐形密框肋梁浇注混凝土强度.当墙体产生斜裂缝时,肋梁阻止裂缝发展而受到水平方向拉力,其对受剪承载力的贡献值较肋柱要小. (4) 配筋.试件出现斜裂缝后,混凝土材料把拉力沿垂直裂缝方向卸给了与之相交的水平钢筋与竖直钢筋<sup>[5]</sup>.根据有关配筋砌体的试验研究<sup>[6-7]</sup>, 竖直钢筋的作用约为水平钢筋的三分之一左右.

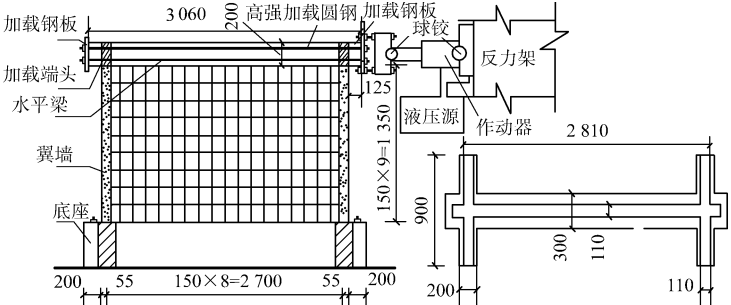


图 1 加载装置及试件水平截面图 (单位:mm)

Fig. 1 Loading setup and horizontal section of specimen (unit:mm)

3.3 墙体受剪承载力实用计算公式

根据上述分析, 对现有数据进行回归统计, 可得墙体受剪承载力实用计算公式为

$$V = \frac{1}{\lambda - 0.5} [0.5(f_{ct}^c A_z + f_y^q A_q) + 0.4f_{ct}^c A_i + 0.7f_{ys}^s A_i^s + 0.2lf_{ys}^s A_z^s]$$

(2)

式(2)中的各项意义参见式(1). 根据式(2)计算各试件受剪承载力结果, 如表 3 所示. 表 3 中,  $V_t$  为试验值,  $V_c$  为计算值. 将计算值与试验值相比较可以看出, 所得结果除试件 EW3-1 外, 两者吻合较好. 试件 EW3-1 由于模型限制, 隐形密框肋柱相对配筋较多, 致使混凝土无法浇注密实, 对抗剪承载力影响较大. 另外, 应用此公式需引入两个假设, 其一是假设节能砌块与隐形密框变形协调, 整体受力; 其二是假设裂缝处混凝土被拉裂, 钢筋较大部分屈服.

表 3 计算值与试验值对比结果

Tab. 3 Comparison between the results of calculation and experiment

试件	$V_t$ / kN	$V_c$ / kN	$V_c / V_t$
EW1-1	204	192	0.94
EW1-2	207	186	0.90
EW2-1	210	224	1.07
EW2-2	252	218	0.87
EW3-1	219	271	1.24
EW3-2	271	265	0.98

4 结束语

极限承载力与极限位移均较普通砌块墙体有不同程度的提高, 性能良好, 符合我国发展轻质、高强、节能、抗震的新型结构体系的要求. 节能砌块隐形密框墙体作为此结构的核心构件, 对其进行抗剪承载力分析将为结构整体分析奠定基础.

参考文献:

[1] 李升才, 江见鲸, 于庆荣. 复合剪力墙结构设计计算模式的探究[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2002, 21(5): 608-611.  
[2] 李升才, 江见鲸, 于庆荣. 复合剪力墙体抗剪承载力计算方法的探讨[J]. 建筑结构, 2001, 31(9): 27-33.  
[3] 中华人民共和国建设部. GB 50010-2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 141-143.  
[4] 刘立新. 砌体结构[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003: 50-52.  
[5] 张杰. 密肋复合墙体受力性能及斜截面承载力实用设计计算方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2004.  
[6] 姜洪斌, 唐岱新, 张洪涛. 配筋混凝土小砌块剪力墙承载力试验研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2001, 34(3): 33-34.  
[7] 赵成文, 王腾. 正压力、水平钢筋对砌块剪力墙抗剪性能影响的试验研究[C] // 1999 全国砌体结构学术会议论文集. 杭州: 全国砌体结构标准技术委员会, 1999: 225-230.

Calculation Method of Shear Capacity of  
the Wall with Energy-Saving Block  
and Hidden Multi-Ribbed Frame

LI Li-feng, LI Sheng-cai, LUO Ye-ke

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** Six 1/2 scale model walls with energy-saving block and hidden multi-ribbed frame are built to investigate the shear capacity and the influence factors by the pseudo static test. The results indicate that there are many factors to influence the shear capacity of the wall, and the concrete intensity and reinforcement ratio are the two main factors. Based on the regression of test results, the contribution value of the concrete intensity and reinforcement ratio are defined, and a practical calculation formula of shear capacity of the wall with energy saving block and hidden multi-ribbed frame is presented.

**Keywords:** energy saving block; wall with hidden multi-ribbed frame; pseudo static test; shear capacity; calculation formula

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 方德平)