

文章编号: 1000-5013(2009)01-0085-04

节能砌块隐形密框墙板受力性能分析

董建曦, 李升才, 李立峰

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 在水平低周反复荷载作用下, 通过对 6 片节能砌块隐形密框墙板 1/2 模型的试验, 研究标准墙体的主要破坏过程, 并对钢筋应变进行分析. 结果表明, 墙体的破坏过程大体可分为弹性阶段、弹塑性阶段、破坏阶段, 分别对应不同的力学模型. 墙体中, 肋梁、肋柱与内部填充砌块、墙板与外框具有良好的共同工作特性. 此外, 距边第二内肋柱在弹性阶段分担部分整体弯矩, 在弹塑性阶段分担部分水平荷载; 内肋柱分担部分水平荷载; 肋梁主要承担水平荷载; 边肋柱主要承担墙体的整体弯矩.

关键词: 节能砌块; 隐形密框墙板; 破坏过程; 应变分析; 共同工作

中图分类号: TU 398+ . 202 文献标识码: A

节能砌块隐形密框墙板, 是一种轻质、高强、节能、抗震性能良好的结构受力构件, 是隐形密肋框架结构体系设计方法研究的基础核心. 墙板由热阻节能砌块和隐形密肋框架两部分组成, 其受力特点与抗震性能不同于普通的混凝土构件. 本文通过样板模型在水平低周反复荷载作用下的试验, 对 EW1-2 标准墙板的受力性能进行分析.

1 试验概况

试验共选 3 组 1/2 模型试件, 每组两块, 每组第 1 块肋梁肋柱浇注材料为 C20 细石混凝土, 第 2 块为 M20 高强沙浆. 试件配筋如表 1 所示, 钢筋的材料性能如表 2 所示. 表 2 中, f_y , f_u , $\mu\epsilon$ 分别为屈服强度、极限强度、屈服应变.

表 1 试件的配筋情况					表 2 钢筋材料性能表			
Tab. 1 Bar arrangement of test specimen					Tab. 2 Mechanical property of reinforce bars			
试件编号	边肋柱	内肋柱	顶底肋梁	中肋梁	钢筋	$\Phi 10$ HPB 235	$\Phi 8$ HPB 235	$\Phi 6$ HPB 235
EW1-1, EW1-2	1 $\Phi 8$	1 $\Phi 6$	1 $\Phi 8$	1 $\Phi 6$	f_y / MPa	289	276	248
EW2-1, EW2-2	1 $\Phi 10$	1 $\Phi 8$	1 $\Phi 8$	1 $\Phi 6$	f_u / MPa	306	310	331
EW3-1, EW3-2	2 $\Phi 8$	2 $\Phi 6$	1 $\Phi 10$	1 $\Phi 8$	$\mu\epsilon$	1 445	1 380	1 240

该模型墙板是由热阻节能砌块和隐形密肋框架两部分组成. 砌块是以炉渣、粉煤灰等工业废料为主要原料的加气混凝土砌块, 其两端有等腰直角槽口, 上下留同样尺寸的三角横槽, 用以浇筑钢筋混凝土隐形柱(对角线为 60 mm 的菱形柱) 和隐形梁(截面尺寸同隐形柱), 从而形成隐形密肋框架. 在主翼墙交接处及墙和顶、底梁交接处, 加大肋梁和肋柱截面配筋直径及配筋量, 即在小框架外又形成了大框架, 如图 1 所示.

加载装置考虑到墙板最不利的受力状态, 经对试验的目的及加载设备的性能进行综合分析后, 决定采用水平低周反复加载制度, 如图 2 所示. 水平荷载通过反力墙借助液压作动器对顶梁加载端施加, 用位移控制, 每级循环一次, 墙体屈服后, 每级循环两次, 直至破坏.

收稿日期: 2008-04-08

通信作者: 李升才(1960-), 男, 教授, 主要从事新型结构体系的研究. 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); 泉州市科技计划重点项目(2005G7); 华侨大学高层次人才启动项目(04BS205)

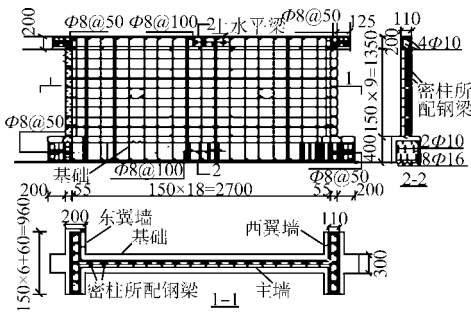


图 1 节能砌块隐形密框墙板示意图(单位: mm)
Fig. 1 Sketch of test specimen(unit: mm)

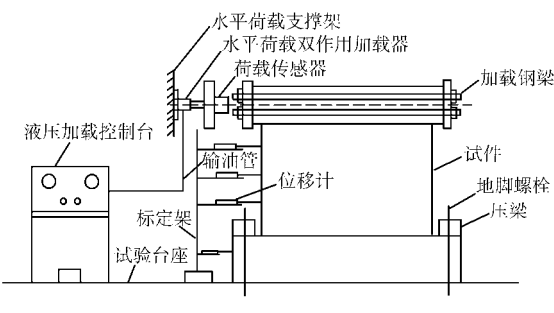
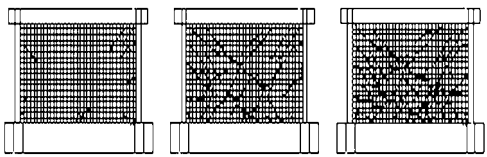


图 2 加载装置
Fig. 2 Experimental layout

2 样板试件破坏过程分析

从试验结果可知, 试件 EW-2 标准墙板配筋适当, 破坏过程合理, 因此, 下面主要分析其受力性能. 试件的破坏过程大体可分为弹性阶段、弹塑性阶段和破坏阶段^[1-3], 如图 3 所示.

(1) 弹性阶段. 在水平荷载达到极限荷载 40% 前, 节能砌块隐形密框墙板的受力性能表现为弹性, 其滞回环呈线性. 试件卸载后的残余变形很小, 肋梁、肋柱中没有出现裂缝. 这一阶段砌块中出现少数微裂缝, 此时墙体可视为一种复合材料等效弹性板. 当水平荷载达到极限荷载 40% 左右时, 墙体四角出现连贯弥散的微裂缝, $P-\Delta$ 曲线出现较明显的拐点. 这一时刻水平荷载称为墙体的开裂荷载.



(a) 弹性阶段 (b) 弹塑性阶段 (c) 破坏阶段

图 3 试件 EW-2 破坏过程图

Fig. 3 Failure process of EW-2

(2) 弹塑性阶段. 随着水平荷载的继续增加, 砌块内的裂缝增多, 肋梁、肋柱中出现了一定数量的微裂缝, 但由于肋梁、内肋柱、边肋柱所形成的框格整体性好, 从而可以有效地约束砌块中裂缝的发展. 当水平荷载达到极限荷载 60% ~ 70% 时, 墙体中的裂缝继续发展导致局部贯通, 墙板中下部沙浆表皮出现剥落, 肋梁、肋柱中出现了较多斜裂缝, 墙体的刚度退化明显. 卸载后, 残余变形大, 滞回环的面积也明显增大. 当水平荷载达到极限荷载的 90% 左右时, 墙体中的肋梁、肋柱出现明显的斜裂缝, 中下部砌块开始出现轻微剥落. 这一阶段最明显的现象是肋梁中的钢筋应变迅速增大并开始屈服, 墙体承载力虽然仍在上升, 但其刚度下降很快, 塑性变形显著. 这一时刻的水平荷载称为墙体的屈服荷载.

(3) 破坏阶段. 当水平荷载达到极限荷载时, 形成沿对角线方向贯通整个墙体的弥散斜裂缝. 墙体中下部砌块破碎、剥落现象严重, 逐步退出工作, 边肋柱拉区钢筋屈服, 压区混凝土有轻微压碎现象. 此后墙体屈服, 砌块破碎、剥落现象越来越严重. 当荷载下降到极限荷载的 85% 左右时, 墙体出现大量的剪切变形, 中下部沙浆几乎完全剥落, 砌块剥落现象也较严重. 最终, 墙体局部范围出现仅由肋格组成的纯框架, 其节点处大都被剪坏, 钢筋大部分屈服. 但是, 整个墙体框架很好地连接在一起.

从试验过程可见, 墙体有如下两点的主要受力特性. (1) 墙体在水平荷载作用下, 砌块与内肋梁柱共同工作. 一方面砌块受到内肋梁柱所组成框格的约束, 另一方面内肋梁柱又受到块体的反约束. 两者相互作用, 共同受力, 充分发挥各自性能; 与此同时, 墙板与加大钢筋用量的边肋梁柱组成的外框架的整浇性使二者的变形趋于协调, 具有共同工作的特性. (2) 由于墙体独特的构造特点使其承力体系的砌块、内肋格、边肋格, 能够在试验的弹性阶段、弹塑性阶段、破坏阶段依次发挥作用, 具有多道抗震防线.

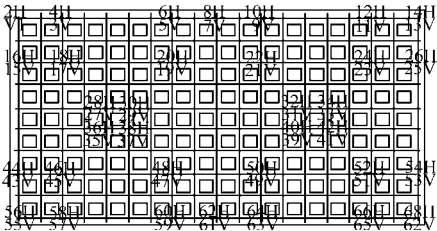


图 4 墙板钢筋应变片布置

Fig. 4 Reinforcement strain gauge arrangement of test specimen

3 钢筋的应变分析

3.1 边肋柱钢筋应变分析

墙板中钢筋应变分布图, 如图 4 所示. (1) 边肋柱钢筋应变

在低周反复荷载作用下, 受墙体整体弯曲作用明显, 表现为一侧受拉, 另一侧受压. (2) 在墙体开裂前, 边肋柱钢筋应变随荷载的增减呈线性变化, 且大致对称分布. 达到最大荷载后, 框架柱内钢筋开始屈服, 主要是承受拉、压应力. (3) 边肋柱钢筋应变从上到下, 由为拉应变向主要为拉压应变过渡^[4-5].

3.2 内肋柱钢筋应变分析

(1) 距边第二内肋柱. 在墙体开裂前, 砌块的抗剪作用较大, 边内肋柱主要与边肋柱一道抵抗弯矩; 墙体开裂后, 砌块承载力迅速下降, 由砌块承担的剪力卸载给附近的肋梁及肋柱(图 5). 墙体的力学模型由弯曲型受力的整体弹性板过渡为剪弯型受力的刚架斜压杆, 该内肋柱内钢筋通过销栓作用承担部分剪力, 其应变逐渐由拉压型向受拉型过渡.

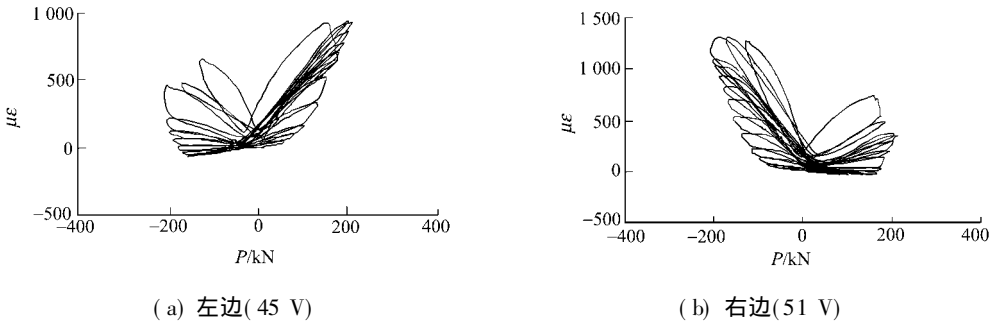


图 5 距边第二内肋柱钢筋应变图

Fig.5 Strain curves of reinforcement bars in second interior rib columns from the edge

(2) 内肋柱. 内肋柱钢筋主要通过横筋销栓作用承担剪力, 墙体开裂前钢筋应变较小; 继续加载应变迅速增长, 达到最大荷载时, 有少数肋柱钢筋屈服; 墙体破坏时, 大多数肋柱钢筋达到屈服(图 6). 继续加载, 钢筋应变迅速增长. 当中间一部分肋梁钢筋屈服时, 墙体达到屈服荷载. 在以大位移循环时, 肋梁钢筋大部分屈服, 最后墙体达到破坏. 从试验中发现, 砌块的大量开裂, 以至肋梁、肋柱的开裂都未能引起承载力的降低, 而大量肋梁钢筋退出工作使得墙体的抗剪承载力开始迅速降低, 说明肋梁钢筋对墙体的抗剪承载力贡献较大.

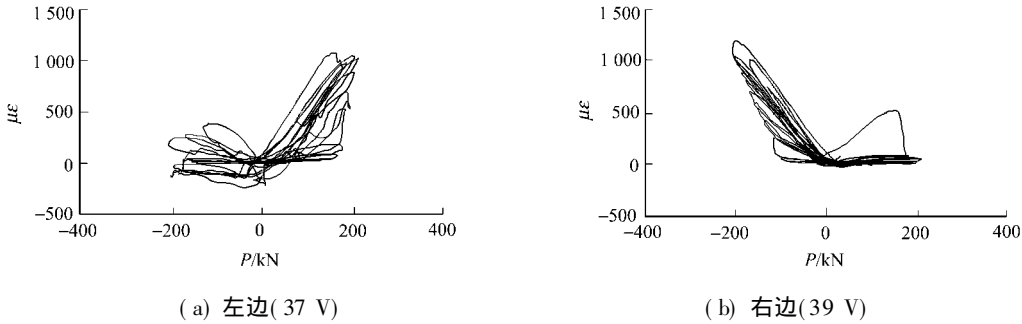
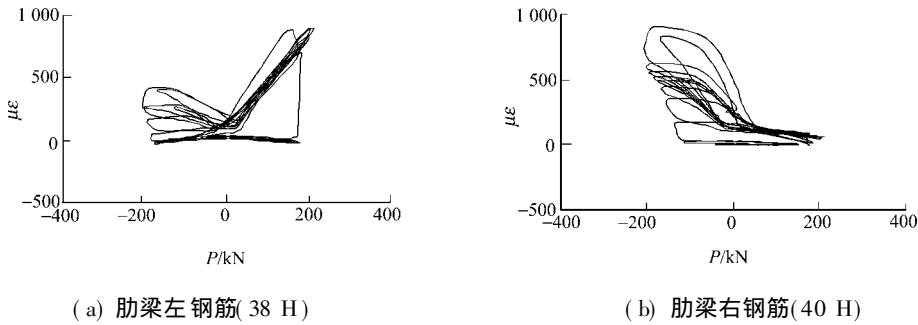


图 6 内肋柱钢筋应变图

Fig.6 Strain curves of reinforcement bars in interior rib columns

3.3 肋梁钢筋应变分析

如图 7 所示, 在墙体开裂前, 肋梁钢筋应变很小; 而当裂缝延伸至肋梁内后, 肋梁钢筋应变有明显突变, 应变曲线呈 V 形降低, 说明肋梁钢筋对墙体的抗剪承载力贡献较大.



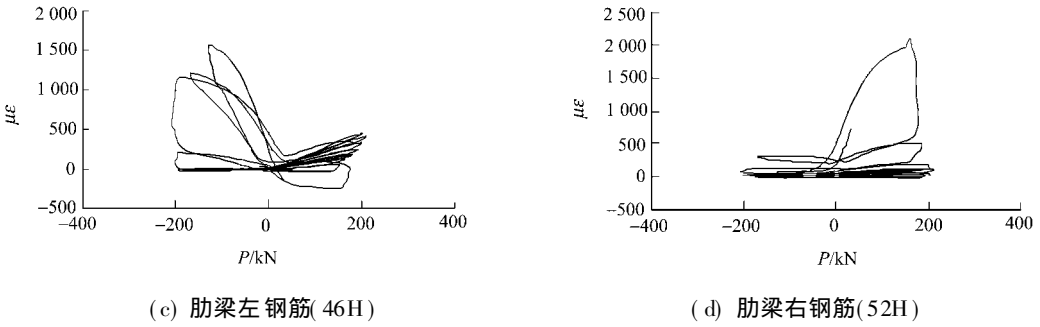


图 7 EW-12 肋梁钢筋应变图

Fig. 7 Strain curves of reinforcement bars in rib beams EW-12

4 结束语

综上所述, 肋梁主要承担水平荷载, 并对砌块形成有效约束, 限制框格内砌块裂缝的延伸和发展. 距边第二内肋柱在弹性阶段分担部分整体弯矩, 在弹塑性阶段分担部分水平荷载; 内肋柱分担部分水平荷载. 砌块对墙体的抗侧刚度贡献较大, 分担部分的水平荷载, 对肋梁、肋柱施加反约束作用, 提高墙体的承载能力. 边肋柱主要承担墙体的整体弯矩, 同时, 对墙体的承载能力、刚度, 以及抗震性能的改善都具有一定的作用.

参考文献:

[1] 张同亿, 李升才, 于庆荣, 等. 复合墙异型柱组合结构 1/2 模型试验研究[J]. 结构工程师, 2000(S1): 354-358.
[2] 李升才, 张同亿, 江见鲸, 等. CL 体系复合剪力墙板抗剪性能的试验研究[J]. 结构工程师, 2000(S1): 162-167.
[3] 田英侠. 密肋复合墙板受力性能实验研究与理论分析[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2002.
[4] 李利群, 刘伟庆. 约束混凝土小型空心砌块砌体抗震性能试验研究[J]. 南京建筑工程学院学报: 自然科学版, 2001, (2): 24-28.
[5] 武敏刚. 钢筋混凝土空心剪力墙板的试验研究与理论分析[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2002.

Analyses of Mechanical Performance of Energy-Saving Block
and Invisible Multi-Ribbed Frame Walls

DONG Jian-xi, LI Sheng-cai, LI Li-feng

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

Abstract: Based on the six model tests of energy-saving block & invisible multi ribbed frame walls with 1: 2 scale under low-cycle lateral loading, the main failure processes and the strain analysis of reinforcement are investigated. According to the test result, the failure process can be divided into as three stages: the elastic stage, elastic plastic stage and failure stage. The interactions property between interior energy saving blocks and reinforced ribs as well as the elements between panels and exterior ribs is benign.

Keywords: energy saving block, invisible multi ribbed wall; failure processes; strain analysis; interaction property

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 方德平)