

文章编号: 1000-5013(2009)02 0204- 04

节能砌块隐形密框墙板裂缝 发展规律及破坏模式

罗焯钊, 李升才, 董建曦

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 对 6 片节能砌块隐形密框墙板 1/2 模型进行拟静力试验, 分析墙板开裂过程及裂缝发展规律的试验结果, 比较该类型墙板的几种破坏模式及受力机理. 结果表明, 裂缝在发展过程中呈段状分布的主要原因是隐形密框具有阻断作用; 结构的各个组成部分对节能砌块隐形密框墙板的受力影响, 随它们各自的参数变化而变化, 可以考虑优化参数以达到墙板合理的构造组合. 对于节能砌块隐形密框墙板, 其剪切破坏是比较合理的破坏模式.

关键词: 节能砌块; 隐形密框墙板; 裂缝; 拟静力试验; 破坏模式

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的研究旨在适应我国墙体改革的需要, 利用新型节能砌块隐形密框墙板代替传统的粘土砖, 以此提出一种轻质、高强、节能、抗震的住宅新结构^[1-3]. 该结构是针对应用广泛的多层及中高层住宅建筑研制开发的. 它用节能砌块隐形密框墙板作内外承重墙, 轻型隔墙板作隔墙, 现浇钢筋混凝土板作楼板, 形成节能砌块隐形密肋框架结构. 本文以节能砌块隐形密框墙板 1/2 模型作为研究对象, 分析墙板的开裂过程及裂缝发展规律.

1 试验概况

1.1 试验方案

节能砌块隐形密框墙板是结构核心, 由热阻节能砌块和隐形密肋框架两部分组成, 该墙板 1/2 缩尺比例模型构造及其所用砌块, 如图 1, 2 所示.

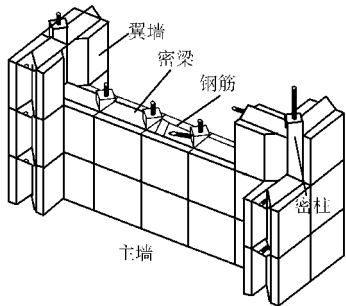


图 1 密框结构墙板模型构造
Fig. 1 Construction of the wall

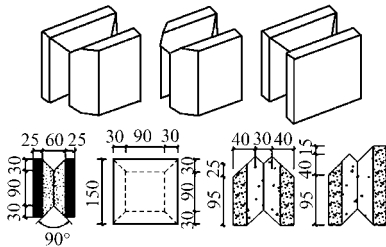


图 2 墙板模型所用砌块(单位: mm)
Fig. 2 Blocks of the wall(unit: mm)

选取 6 片墙板模型, 设计参数如表 1 所示. 将其砌注于基础与上水平梁之间, 模型配筋及应变片布置情况, 如图 3 所示.

收稿日期: 2008-03-12
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); 泉州市科技计划重点项目(2005G7); 华侨大学高层次人才科研启动项目(04BS205)

表 1 墙板模型设计参数

Tab. 1 Design parameters of the walls

试件	混凝土/砂浆强度		密肋柱配筋		密肋梁配筋	
	设计等级	实测值	纵横墙交接处	其他	与楼板交接处	其他
EW 1-1	C20	C 16.5	1Φ8	1Φ6	1Φ8	1Φ6
EW 1-2	M20	M 16.4	1Φ8	1Φ6	1Φ8	1Φ6
EW 2-1	C20	C 19.3	1Φ10	1Φ8	1Φ8	1Φ6
EW 2-2	M20	M 17.5	1Φ10	1Φ8	1Φ8	1Φ6
EW 3-1	C20	C 22.8	2Φ8	2Φ6	1Φ10	1Φ8
EW 3-2	M20	M 17.2	2Φ8	2Φ6	1Φ10	1Φ8

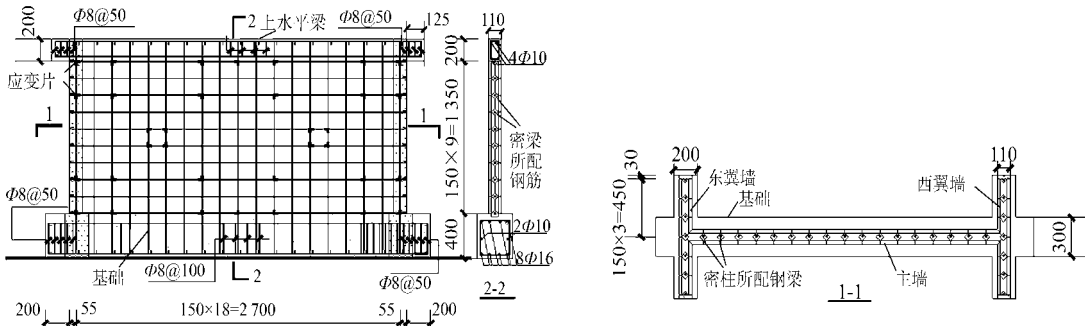


图 3 墙板模型配筋及应变片布置(单位: mm)

Fig. 3 Configuration of strain gauge and steel bar of the walls(unit: mm)

1.2 试验方法

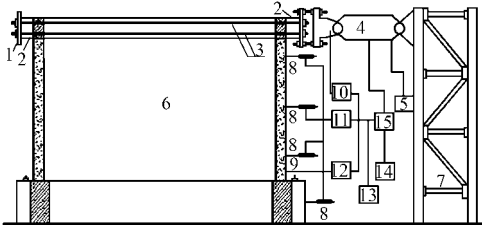
墙板两边各放两根高强度圆钢, 它穿过水平梁加载端的钢板并用螺栓将端头锁紧连接到伺服动作器的加载端, 进行低周反复水平加载, 如图 4 所示. 按照位移控制的试验过程要求对试件加荷, 通过数据采集及观察分析得到所需的试验数据和结果.

2 墙板开裂过程

各试件主墙面开裂过程, 如图 5 所示.

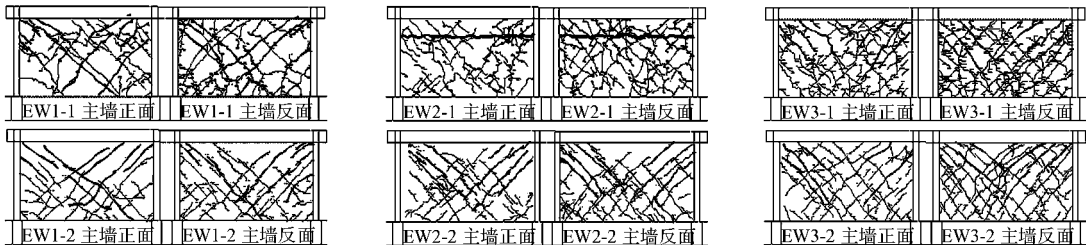
2.1 试件 EW1-1 与 EW1-2

(1) 当加载 70 kN 时, 试件 EW1-1 出现斜裂缝, 而反向加载出现的裂缝与其正交, 斜裂缝随荷载逐渐增加并向两对角向延伸, 呈段状分布. 当加载 160 kN 后, 各主要斜裂缝基本向对角贯通; 当加载至 210 kN 时, 上水平梁与墙板脱开形成水平缝; 而当加载到极限载荷 220 kN 时, 抹面脱落的同时,



1. 钢板; 2. 加载端头; 3. 35 高强度加载圆钢;
4. 电液伺服动作器; 5. 液压源; 6. 试件;
7. 反力架; 8. 位移传感器; 9. 应变传感器;
10. 荷载调节器; 11. 位移调节器; 12. 应变调节器;
13. 记录及显示装置; 14. 指令发生器; 15. 伺服控制器
- 图 4 加载系统

Fig. 4 Loading system



(a) EW1-1 与 EW1-2

(b) EW2-1 与 EW2-2

(c) EW3-1 与 EW3-2

图 5 各试件主墙面开裂过程

Fig. 5 Distribution of cracks

东上角砌块鼓出. 随后, 荷载下降(一个循环后荷载略有回升). (2) 当加载 98kN 时, 试件 EW1-2 出现

斜裂缝,随后出现正交缝,呈段状分布;当加载 165 kN 时,迅速出现贯通的主斜裂缝;在 195 kN 到极限荷载 212 kN 之间,裂缝增宽且抹面脱落,随后荷载下降.

2.2 试件 EW2-1 与 EW2-2

(1) 当加载 60 kN 时,试件 EW2-1 出现斜裂缝,随着加载正交缝出现、增加;当加载 190 kN 时,裂缝已呈段状密布;当加载至极限荷载 210 kN 时,抹面脱落,从上往下第二肋梁处水平错动,荷载迅速下降.(2) 当加载 105 kN 时,试件 EW2-2 出现斜裂缝,随着加载正交缝出现、增加,发育呈段状分布;而当加载 248 kN 时,主要斜缝开始贯通;当加载至极限荷载 255 kN 时,抹面脱落,荷载下降.

2.3 试件 EW3-1 与 EW3-2

(1) 当加载 50 kN 时,试件 EW3-1 出现斜裂缝,而后正交缝出现、增加;当加载 140 kN 后,斜缝发育成段状密布;从 170 kN 到极限荷载 220 kN,主斜缝贯通、抹面脱落的同时,上水平梁与墙板脱开成水平缝,并且东西上角砌块延水平方向向里逐个鼓出,随后荷载下降.(2) 当加载 57 kN 时,试件 EW3-2 出现斜裂缝,而后正交缝出现、增加;当加载 228 kN 时,段状斜缝已相当密集,主斜缝开始贯通;当加载至极限荷载 270 kN 时,抹面大面积脱落,上中部砌块鼓出且同排其他砌块压碎,荷载下降.在所有墙板受荷裂缝发展过程中,裂缝宽度都是比较细微的;在加载达到极限荷载 90% 以上时,裂缝从以前的数量增加转为主要裂缝的增宽;最宽裂缝基本都在 5 mm 左右.裂缝在发展过程中呈段状分布的主要原因是,隐形密框具有阻断作用.

3 裂缝发展规律分析及破坏模式

3.1 裂缝规律分析

(1) 从试件采用混凝土与水泥砂浆的情况看,钢筋混凝土肋梁柱能够更有效阻断斜裂缝发展,裂缝通常是越过隐形密框呈跳跃式非连续地发展.(2) 从墙板外层抹面看,加大抹面厚度可以提高试件刚度,试件 EWX-1($X=1,2,3$) 反面抹灰厚于正面,但同时也会增加斜裂缝数量.一旦抹面退出工作,对结构耗能产生影响.(3) 从配筋量看,增加配筋量有助于提高结构的承载力,但同时也会增加结构表面裂缝,试件 EW2-Y 及 EW3-Y($Y=1,2$) 内部大多数受力钢筋并未屈服,且混凝土的破坏突然,压碎严重,属于超筋破坏.从经济和施工角度分析也不可取.(4) 从极限荷载看,除试件 EW1-1,EW1-2 外,EWX-1 比 EWX-2($X=2,3$) 极限承载力提高不少.分析认为,这与施工时浇筑差异及配筋量不无关系;而从试件 EW1-1 与试件 EW1-2 破坏时大多受力钢筋已经屈服来看,结构内部材料间相互作用协调,属于适筋破坏.(5) 从最终破坏情况分析,试件 EWX-2($X=1,2,3$) 没有出现砌块大量鼓出现象,可见,采用水泥砂浆可以有效提高结构的整体性,能够增加节能砌块与隐形密框的粘结度.但这种试件的破坏具有脆性性质,隐形密框对裂缝的阻断作用弱于其他试件.试件 EW2-1 是发生水平滑移后破坏的,说明该试件存在一个抗剪强度低于斜截面抗剪强度的水平面.

3.2 破坏模式分析

试件破坏大体可分为剪压破坏、斜压破坏和水平剪切滑移破坏^[4,5].如试件 EW1-1,EW1-2 为剪压破坏;试件 EW2-2,EW3-1,EW3-2 为斜压破坏;试件 EW2-1 为水平剪切滑移破坏.

3.2.1 剪压破坏 剪压破坏被认为是一种节能砌块隐形密框结构墙板比较理想的破坏模式^[3,4],发生在密框合理、配筋适当的情况下.大致可分为如下 3 个阶段.(1) 弹性阶段.荷载较小时,墙板的荷载变形曲线基本为线性关系,约为极限荷载的 40% 时,墙板开裂.该裂缝的出现,对墙板的刚度无明显影响.(2) 开裂阶段.随荷载增加,新旧裂缝沿墙板对角线逐渐向两端发育,由于密框的阻断,裂缝越过密框呈跳跃式非连续发展.在砌块开裂阶段构件的刚度有所退化,但不明显.砌块裂缝发展到一定阶段,随荷载增加,靠近墙板对角线处的几条斜裂缝会贯穿与之相交的肋梁柱并向对角线延伸,形成主斜裂缝.此阶段个别裂缝也会与边肋柱中由弯曲产生的水平裂缝联通,墙板的刚度也会有较明显的退化.(3) 破坏阶段.密框的开裂说明墙板中配筋适当时,随荷载增加,密框中钢筋会逐渐达到屈服.此后,随着密框中钢筋变形及主斜裂缝宽度的发展,主裂缝的长度方向向斜下方迅速延伸,墙板剪压区面积迅速减小使砌块首先压碎,从而使墙板承载力达极限值.

3.2.2 斜压破坏 斜压破坏的承力与破坏的基本特征是,约极限荷载的 30% 时墙板开裂,随着荷载增

加, 新旧裂缝沿墙板对角线逐渐向两端跳跃发育. 与此同时, 在墙板对角线两侧砌块的对角线上也产生一些新的裂缝. 由于框格的约束, 裂缝一般开展不会很大. 墙板的最后破坏是以前主对角线方向的砌块被斜向压碎为标志. 此时, 钢筋没有屈服. 斜压破坏多发生在墙板截面上, 平均剪应力较大, 并且配筋量较大使有足够的水平钢筋抗剪的情况.

3.2.3 水平剪切滑移破坏 水平剪切滑移破坏的承力与破坏的基本特征是, 约为极限荷载的 30% 时, 墙板开裂. 随着荷载增加, 新旧裂缝沿墙板对角线逐渐向两端跳跃发育, 裂缝开展不大. 在反复荷载下, 随着剪压处节能砌块被逐渐压裂压碎而退出工作, 该处密肋最先成为主要受剪构件. 待到该处混凝土压裂压碎而退出工作后, 此时试件的抗弯强度降低, 会出现一条靠上水平梁连续的, 水平方向的剪切薄弱面, 发生的水平裂缝. 水平裂缝由外及内逐步延伸, 使试件水平抗剪面面积愈来愈小, 剪切摩擦条件进一步恶化, 最终沿这水平面出现大量滑移而破坏. 此时, 钢筋同样没有屈服. 水平剪切滑移破坏产生的根本原因是, 存在一个抗剪强度低于斜截面抗剪强度的水平面, 它发生于砌块与密肋咬合不足, 密肋中混凝土不密实的情况.

4 结束语

结构的各个组成部分对节能砌块隐形密框墙板的受力影响, 随它们各自的参数变化而变化, 可以考虑优化参数以达到墙板合理的构造组合. 节能砌块隐形密框墙板在水平力作用下具有多种破坏模式, 剪压破坏是一种较理想的破坏模式. 所得出的墙板裂缝开裂规律及其破坏模式, 可作为对节能砌块隐形密框结构理论研究的依据, 同时也可作为今后该结构裂缝检测的检测依据.

参考文献:

- [1] 李升才, 江见鲸. 轻型复合结构抗震性能分析(I)——墙板开裂过程及裂缝发展规律分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, 45(5): 133-138.
- [2] LI Sheng cai, ZENG Zhi xing. Research on an energy saving block & invisible multi ribbed frame structure[C] // Proceedings of the 3rd Specialty Conference on the Conceptual Approach to Structural Design. Singapore: [s. n], 2005: 119-124.
- [3] 姚谦峰, 贾英杰. 密肋壁板结构十二层 1/3 比例房屋模型抗震性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2004, 37(6): 1-6.
- [4] 张同亿. 复合墙异形柱组合结构抗震性能及设计方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2001: 15-38.
- [5] 陈平, 赵东, 王建强, 等. 密肋复合墙板抗剪承载力计算研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2002, 34(1): 26-29.

Cracking Process and Failure Mode of the Walls with Energy-Saving Block and Hidden Multi-Ribbed Frame

LUO Ye ke, LI Sheng cai, DONG Jian xi

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

Abstract: Six pieces of the 1/2 scaled model Walls of with energy saving block and hidden multi ribbed frame, are investigated through pseudo static test. The cracking process of the wall models is analyzed, and several failure models and load carrying mechanism are discussed. The experimental results show that the main reason of section shape distribution in cracking process is due to the blocking effect of hidden multi ribbed frame. The influence of each part of the wall on the wall mechanical property varies with its different parameters. The rational combination of the wall parts can be achieved by optimizing the parameters, and shear failure is comparatively rational failure mode of the walls.

Keywords: energy saving block; wall with hidden multi ribbed frame wall; crack; pseudo static test; failure mode

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 方德平)