

配筋混凝土空心砌体抗震性能及应用研究

杨晓东¹, 张玉婕², 缪升¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 昆明理工大学 设计研究院, 云南 昆明 650051)

摘要: 混凝土空心砌块作为一种节约耕地、节能、环保的墙体材料, 是当前土木工程领域研究应用的热点之一, 本文通过对配筋混凝土空心砌块墙体在水平低周反复荷载作用下的试验研究以及大量的调研, 就其破坏模式、抗剪强度、变形能力、钢筋效应以及在实际工程中的应用技术进行了探讨, 为配筋混凝土空心砌块墙体在地区的应用提供科学的依据。

关键词: 配筋混凝土空心砌体; 低周反复荷载试验; 抗震性能; 施工方法

中图分类号: TU 378 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)04-0086-04

Research on Aseismic Behavior and Application of Reinforced Concrete Hollow Block Walls

YANG Xiao-dong¹, ZHANG Yu-jie², MIAO Sheng¹

(1. Faculty of Architecture Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China;

(2. Design and Research Institute of Kunming university of science and technology, Kunming 650051, China)

Abstract: Reinforced concrete hollow block, as a kind of construction material of saving cropland and energy, and protecting the environment, is a hot point in civil engineering. Based on the experiments of reinforced concrete hollow block wall under horizontal-low-cyclic loading with constant vertical loading, an inquiry is made into the damage mode, cracks distribution, ultimate capacity, ductility features, effect of steel and construction method of engineering ect, which provides scientific references for aseismic properties of this building.

Key words: reinforced concrete hollow block wall; horizontal-low-cyclic loading experimentation; earthquake resistant capacity; construction method

0 引言

目前,我国住宅建设已进入了大发展时期,为了满足人民日益增长的居住要求,进行高质量、高速度、高效率的住宅建设就成为当务之急。实心粘土砖作为主要的墙体材料由于人口增加,可耕地面积减少,限制粘土砖的生产和使用已成为我国保护耕地的一项根本措施,这样就必须大力开发新型墙体材料,加速推进住宅产业化。混凝土空心砌块具有避免毁坏农田、节约能源、施工方便等一系列技术经济优势,在国内外得到了广泛的应用,但在我国的应用多局限于不配筋或少配筋的多层房屋。随着墙体改革的深入发展,在上海、东北等地已建成一些配筋混凝土空心砌块的高层住宅。国家和地方有关部门在结合工程实践的同时已经开展了配筋混凝土空心砌块结构体系性能的一系列研究工作,并进行了相关的试验工作,但由于试验的数量不多、不够系统和完整,在地区应用得较少。本文通过对注芯配筋混凝土空心砌块墙体的伪静力试验研究,在大量调研的基础上,就其破坏模式、抗剪强度、变形能力、钢筋效应以及在实际工程中的应用技术进行了探讨。

配筋混凝土空心砌体结构是由空心砌块,通过水平方向配筋(在水平灰缝中)和在砌块孔洞中竖向插筋,再在砌块孔洞中浇灌混凝土而形成的墙体,所用材料基本上就是空心砌块、钢筋和混凝土。砌块的形状和规

收稿日期: 2003-04-10; 基金项目: 云南省科技厅基金项目(项目编号: 59869002); 云南省教育厅基金项目(项目编号: 0042003)。

第一作者简介: 杨晓东(1971.~), 男, 工程师; 主要研究方向: 工程抗震。E-mail: xiaodongyang@vip.sina.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

格, 完全取决于建筑设计要求, 当考虑砌块的装饰功能时, 砌块的规格可以多种多样, 可达数百种. 承重砌块的基本规格, 分为 190 和 290 厚两大系, 目前我国主要用 190 厚系列, 它包括标准块(390×190×190), 辅助块(290×190×190, 190×190×190), 分别应用于结构不同的部位.

1 试验结果及分析

本次试验选用的混凝土空心小砌块系列为 190 系列, 规格尺寸为 390 mm × 190 mm × 190 mm、空心率为 46%、砌块的强度等级为、砂浆为、灌芯混凝土为 C20, 钢筋为 I 级, 所设计制作配筋砌块墙片由混凝土空心小砌块砌筑, 在水平和竖向均配有钢筋, 灌芯率为 100%. 国内外的试验表明, 配筋灌芯混凝土空心砌体的抗剪强度主要与剪跨比、竖向压应力、砂浆的强度和配筋率等因素有关, 本次试验结合装置的适用范围, 所采用的试件尺寸、剪跨比、配筋面积如下表 1.

表 1 试件尺寸及配筋

试件编号	试件尺寸/mm	剪跨比	水平钢筋/mm ²	竖向钢筋/mm ²	竖向压应力/MPa	砂浆强度/MPa
SV- 1	1 000 × 1 200	0.83	φ12@200(113.1)	4φ18(1017)	1.5	8.5
SV- 2	1 000 × 1 200	0.83	φ12@200(113.1)	6φ18(1526)	1.0	8.5
SV- 4	800 × 1 200	0.67	φ12@200(113.1)	4φ20(1256)	1.5	8.5
SV- 5	800 × 1 200	0.67	φ12@200(113.1)	4φ18(1017)	1.0	8.5

1.1 破坏形态及特性

试验墙片呈剪切型破坏, 在水平反复荷载作用下, 各组墙片的破坏过程基本相似, 都是剪切破坏, 以交叉的斜向裂缝为特征. 墙片在试验中均经历弹性、开裂和破坏三个阶段.

从墙片开始加载到极限荷载的 40% 左右时, 墙片处于弹性阶段, 墙片侧向位移和钢筋应力应变均很小, 墙片力—位移曲线基本呈线性关系, 卸载后无残余变形. 当水平荷载达到 50%~70% 时, 墙片中部开始出现有细微的裂缝. 此次配筋砌体墙片的裂缝开展特征主要表现为: 约 45° 斜裂缝在墙心附近的砌块或水平灰缝上首先出现, 然后向对角线两头扩展, 裂缝发展比较缓慢, 钢筋应变增长比较快; 随着水平荷载的增加, 沿墙体两对角线方向上出现多条斜裂缝, 裂缝分布较均匀, 主要“X”形交叉破坏裂缝条数较密集; 裂缝有明显的卸载后闭合现象, 加载时裂缝宽度增大, 卸载后回缩.

当水平荷载达到极限荷载的 90% 左右时, 墙片表面出现众多均匀分布的短细裂缝, 墙片侧向位移增长很快. 在反复荷载作用下, 墙片中部主裂缝沿对角发展直至贯通破坏. 此时, 墙片中部主裂缝通过的钢筋有部分达到了屈服强度, 但沿整个墙面分布的钢筋应力是不均匀的. 从各墙片的破坏形态来看, 随着竖向配筋率的增加, 墙体产生的裂缝更多, 分布也更均匀.

1.2 荷载—位移滞回曲线和骨架曲线

图 1 给出了墙体的“荷载—位移”典型滞回曲线, 从中可以看出在开裂荷载前, 荷载—位移曲线接近线性变化, 墙片侧向位移反应较小, 几乎无残余变形, 其滞回环狭长, 接近于直线, 滞回面积很小, 表明墙片处于弹性阶段; 由开裂荷载到极限荷载, 墙体裂缝逐渐开展, 刚度明显降低, 滞回环表现出一定的弹塑性性质.

超过极限荷载后, 墙体的抗剪承载能力随位移的增加而逐渐下降, 滞回环面积不断扩大, 耗能系数增大. 开裂后和达到极限荷载时, 滞回环呈梭形, 卸载残余变形增大, 达到极限荷载后滞回环由梭形过渡到反 S 形, 反映出墙片的剪切滑移特性.

从试验结果来看, 可用三线型骨架曲线来描述本次试验墙体的骨架曲线, 经历了弹性段、弹塑性段和下降破坏段, 在骨架曲线上有明显的转折点. 墙片平均在极限荷载 60% 左右开裂, 在超过极限荷载后承载力下

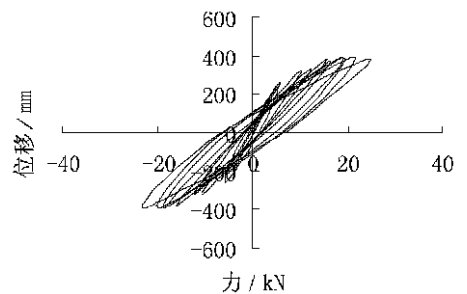


图 1 墙片典型滞回曲线

降较平缓,变形仍较大,表明本文试验的配筋砌体墙片的强度储备较高,且有较好的抗倒塌能力,可划分为弹性阶段、弹塑性阶段和破坏阶段。

1.3 承载能力和延性

构件的延性表明结构的变形能力,较大的变形能力就能吸收和耗散较大的能量,延性是抗震设计中最重要参数之一。根据试验发现,墙片的开裂荷载、开裂位移较无筋墙体都有较大增加,本文配筋墙片的延性系数平均为 3.08,而无筋墙片的延性系数平均为 1.71。超过极限荷载后,虽然荷载降低不是很多,但其变形却很大,可见,与无筋砌体相比,砌体配筋后其延性有很大提高,配筋提高了墙体的变形能力,竖向钢筋对墙体延性的影响较之对承载力的影响大,随着竖向钢筋配筋率的提高,墙体的延性系数明显增大,这是因为竖向钢筋虽然在抗剪强度中发挥的作用不如水平钢筋,但是其约束作用并不减弱。

1.4 钢筋应力

初裂时,垂直和水平钢筋应力都很低,可认为钢筋在开裂前基本不起作用。墙体开裂后,裂缝处钢筋应力迅速增大,随着墙片裂缝的扩展,钢筋应变增加,钢筋对侧向承载力的贡献也越来越大。而到极限荷载时,部分钢筋达到屈服,但沿整个墙面布置的钢筋应力分布是很不均匀的,墙中部钢筋应力最大,四角区应力最小;垂向钢筋平均发挥其屈服强度的 40%~50%,水平钢筋平均发挥其屈服强度的 50%~70%。破坏荷载时,主要破坏交叉裂缝通过处的水平钢筋皆达到屈服,而垂向钢筋也基本达到屈服。

2 施工方法和措施

通过试验,发现配筋混凝土空心砌体在实际施工过程中存在不少需要进一步研究的问题,结合试验和大量的实际调研,就一些关键问题进行了探讨。

2.1 砌筑方法

配筋混凝土空心砌体中由于配有水平和竖向钢筋,其砌筑方法与常规砌体结构有较大的不同。常规砌体结构水平筋多数放在水平灰缝中,水平筋受力效果不好。而空心砌块可以在布置水平筋的位置开槽,水平钢筋中受力性能会较好。两根水平筋之间的距离,由 s 钩确定,每根水平筋要求与 s 钩绑扎,固定位置,并要求每根水平筋绑扎不少于 3 点。在试验中,由于试验墙片不高,竖向钢筋采用先插筋后套砌的方法,而实际施工若采用这样的方法,将会造成钢筋接头过多,浪费钢材又难以保证砌筑质量。实际施工中竖筋可改为一层 1 根,一层小砌块砌好后再在孔洞内由上往下插筋。利用底皮砌块的预留缺口进行绑扎,通过上下圈梁搭接,保证了钢筋位置的准确。采用竖筋后插方法,提高施工效率和速度,也满足了设计要求。在砌筑时,应小心操作,防止砂浆过分地突出在浇注空间和浇注空间底部的积灰(漏下的砂浆)。要清除突出在块体上的砂浆,不得铲下掉到内部,否则会影响与先前浇注的注芯混凝土的粘结。

2.2 灌芯混凝土浇注和振捣

试验证明,配筋混凝土空心砌体水平和竖向均有钢筋,混凝土的流动和自密实有困难,因此在应用中应专门配制和易性好,而且有较高流动性的灌芯混凝土。

浇注前,水平、竖向钢筋、锚栓和其他埋设件应按要求就位,应有足够时间用于砂浆凝固,约为 12~18 h 达到强度,并能承受达 1.5 m 高注芯混凝土的水平压力,否则容易使墙体发生胀开或起鼓。浇注应使整个浇注高度的注芯混凝土分布均匀,先用振捣器振捣一次,在大约 3~5 min 后注芯混凝土中过多的水被块体吸收,再进行二次振捣。

灌芯混凝土一定要每孔振捣,否则很难保证每孔混凝土密实,为了满足小孔洞内振捣混凝土,应研制专用的微型插入式振动机。灌芯混凝土浇灌质量的好坏,施工后无法直接检查,故应对灌芯后的砌体用超声波进行混凝土缺陷的抽查。

2.3 钢筋粘结和锚固

为了保证墙体上潜在斜裂缝两侧的墙体充分有效,必须将剪切钢筋两端的锚固进行恰当处理。通常是将剪切钢筋的端部制作成钩状,或弯成直角。最好的锚固方法是在墙端部垂直钢筋处将钢筋弯成钩状。但是,在有些情况下,这样会产生端部钢筋拥挤并产生砂浆填充不充分。此时,可考虑把钢筋向上或向下弯曲,埋入端

部的填实砂浆中。试验研究表明, 上述的锚固措施可以使砌体墙的抗剪锚固效果较好。

2.4 砌体裂缝预防

有关砌体裂缝预防的讨论已经有很多, 规范也有专门规定。这里着重强调的是几个实际应用过程中出现的问题。

首先是对有关规范的理解不深, 如规范明确规定混凝土砌块在砌筑时不宜浇水, 只在天气干燥炎热时在砌块上稍加喷水润湿, 这是考虑到混凝土砌块的吸水性能强, 浇水容易造成砌块干缩较大从而导致砌体干缩裂缝的产生。调研过程中, 发现实际施工时, 砌筑工人对此理解得不够, 还沿袭粘土砖的砌筑方法。因此需要加强规范的学习, 特别是对一线工人, 进行砌块砌体的施工应开展必要的培训。

再则, 虽然规范对砌体裂缝问题进行了一些规定, 但是各地实际情况不一, 应结合地方特点编制适合本地适用的地方规程。对于地震区, 可以利用抗震措施以防裂, 实行平震结合, 震时抗震, 平时防裂的措施。总的来说, 配筋砌体结构由于配置的钢筋可以充当抗裂钢筋的作用, 其抗裂性能是较好的。只要严格遵守有关规定, 砌体裂缝预防的问题相对无筋砌体还是好解决些。

2.5 施工专用机具

砌块建筑的施工机具主要包括砌块铺砂浆器、小直径混凝土振捣棒、小型灌芯混凝土输送泵、小型钢筋焊机及灌芯砌体混凝土检测仪等。

1) 混凝土砌块铺灰器, 是保证铺筑砂浆质量减少砂浆掉落的必备工具, 目前均为施工单位自己制作, 但效果较差, 宜进行定型后批量生产。

2) 小直径振捣棒, 是指振捣棒直径 $\leq \phi 30$ (美国的灌芯混凝土振捣棒直径为 $\phi 25$), 国内这种直径的振捣棒很少, 且质量低, 需研制质量高、耐久性好的小直径灌芯混凝土振捣棒, 以解决砌块空腔内狭窄空间混凝土的振捣问题。

3) 目前国内的混凝土泵均为大中型的, 机身笨重操作不灵活, 作为配筋砌块结构的灌芯混凝土量不大, 应采用小型高效能的混凝土输送泵, 以加快浇注速度, 保证灌芯混凝土的质量, 这种小型泵的成本不会很高, 其工程造价可能比手工灌芯便宜。

4) 由于灌芯砌体混凝土的浇注、振捣比其它结构要困难, 因此对灌芯砌体混凝土密实度的检测是一个必不可少的环节, 一般要借助仪器检测灌芯混凝土的内部质量, 这种仪器, 也有待开发研制或在现有混凝土检测仪表基础上改进。

3 结语

配筋混凝土空心砌块结构体系除了普通混凝土空心砌块砌体结构所具有的节土、节能、节约建筑材料以及取材方便、建造速度快的特点外, 更兼有类似钢筋混凝土构件强度高、延性好的优点, 弥补了普通砌块砌体的不足, 增强了砌体墙体的承载力、整体性和延性, 尤其是由于采用配筋的混凝土空心砌块砌体提高了墙体的抗侧力性能, 为在地震区采用配筋的混凝土空心砌块砌体建造多高层建筑提供了可能性。同时在实际应用中, 只要选择合理的工艺程序、施工方法和手段, 完全可以保证工程施工质量。

参考文献:

- [1] 雷鸿君. 配筋混凝土空心小砌块受剪承载力研究[D]. 昆明理工大学硕士论文, 2002. 43~ 49.
- [2] 砌体结构设计规范(GB 50003- 2001)[S]. 2001. 12.
- [3] 四川建筑科学研究所. 小砌块墙体抗侧力试验统一技术条件研究[R]. 研究报告, 1987. 23~ 28.
- [4] 叶燎原. 配筋混凝土空心小砌块墙受剪承载力研究[J]. 现代地震工程进展, 2001, (10): 227~ 232.