

文章编号: 1000-5013(2012)05-0552-05

不同新型墙材砌体的力学性能对比分析

林超, 郭子雄, 黄群贤, 叶勇

(华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 对空心粘土砖、加气混凝土砌块、陶粒混凝土砌块、混凝土空心砌块 I 和混凝土空心砌块 II 等 5 种常用新型墙材砌体的抗压性能和抗剪性能进行试验,并与烧结普通砖砌体进行对比. 研究表明:砌块的抗压强度与砌块的制作工艺和质量有关,空心砌块的强度还与肋板的分布、孔洞的大小和面板的厚度有关;砌体随着荷载的增大,裂缝增多、延伸,并扩展至砌体各面,最终失去承载能力被破坏;砌体的抗剪强度与砌块的表面光滑度和界面的咬合程度有直接关系.

关键词: 墙体材料;砌体;砌块;抗压强度;抗剪强度

中图分类号: TU 522.3 **文献标志码:** A

随着工程建设的快速发展和节能减排政策的推广,烧结普通砖破坏土地、消耗能源、施工效率低等缺点越来越突出. 因此,发展非粘土类、节能环保型的新型墙体材料,推进墙体材料改革,成为广大工程技术人员面对的重要而紧迫的任务. 近年来,普通混凝土小型空心砌块以其节能环保、强度高、自重轻、施工快等优势,逐渐成为替代烧结普通砖的主导新型墙体材料^[1]. 但是,混凝土小型空心砌块砌体的抗渗漏、保温隔热性能较差,使其推广应用受到一定的限制^[2]. 自保温概念的提出和自保温砌块的研发、生产,使建筑墙材的保温、节能性能引起了各方关注,也陆续推出了各种改进的新型节能形混凝土小型空心砌块^[3-4],如加气混凝土砌体^[5]、陶粒混凝土^[6]等. 随着砌体结构和框架结构建筑的增加,新型墙材得到进一步的发展,对新型墙材建筑结构的各种研究也陆续开展^[7-10],但目前有关新型墙材力学性能的研究仍较少. 目前,建筑市场上最为常用的 5 种新型砌块,即空心粘土砖砌块、加气混凝土砌块、陶粒混凝土空心砌块、混凝土空心砌块 I、混凝土空心砌块 II. 其中:加气混凝土砌块、陶粒混凝土砌块和混凝土空心砌块 II 为新型自保温墙体材料. 混凝土空心砌块 I 的孔洞较宽,肋板的分布稀疏;混凝土空心砌块 II 在混凝土空心砌块 I 的基础上进行了改进,即在混凝土空心砌块 I 的中间孔洞处增加了一条横肋,在两侧的孔洞处分别增加了一条纵肋,减小了砌块孔洞的长度和宽度,使两外侧面板因边壁的破坏而整体剥落的情况得到了改观. 本文针对这一现象进行砌体的抗压、抗剪性能试验研究.

1 试验概述

1.1 试件设计与制作

将 5 种新型砌块和烧结普通砖砌体各制作 3 个砌块抗压试件,砌块上、下面均用水泥砂浆找平,厚度为 10 mm,在自然条件下养护 28 d 后进行加载;然后,按照国家标准 GBJ 129-90《砌体基本力学性能试验方法标准》的要求^[11],每一种砌块分别制作 3 个砌体抗压试件和 3 个砌体沿灰缝的剪切试件.

砌体抗压试件砌筑时,在试件的底面和顶面分别用厚度为 10 mm 的水泥砂浆找平. 除加气混凝土砌体采用 CQS-Q 加气混凝土专用砌筑砂浆外,其他砌体采用 M7.5 混合砂浆砌筑,砂浆配制时采用普通硅酸盐水泥,添加剂为石灰,砂子为普通中砂. 试件在自然条件下养护 28 d 后,进行抗压强度试验.

砌体剪切试件制作时先放平砌筑,待放置 7 d 后将试件立放,然后对承压面和加荷面采用水泥砂浆找平,找平厚度为 10 mm,且上、下找平层应相互平行并垂直于受剪面的灰缝.

新型砌块、砌体的抗压和剪切试件, 分别如图 1, 2, 3 所示; 相关参数如表 1 所示. 表 1 中: A 为试件

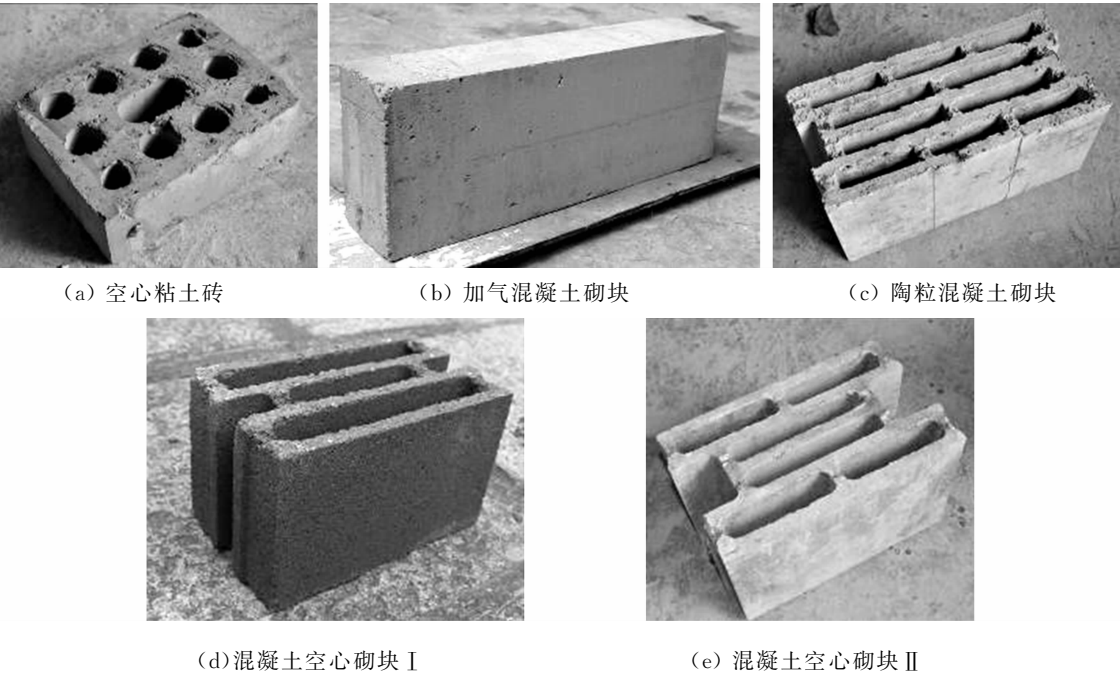


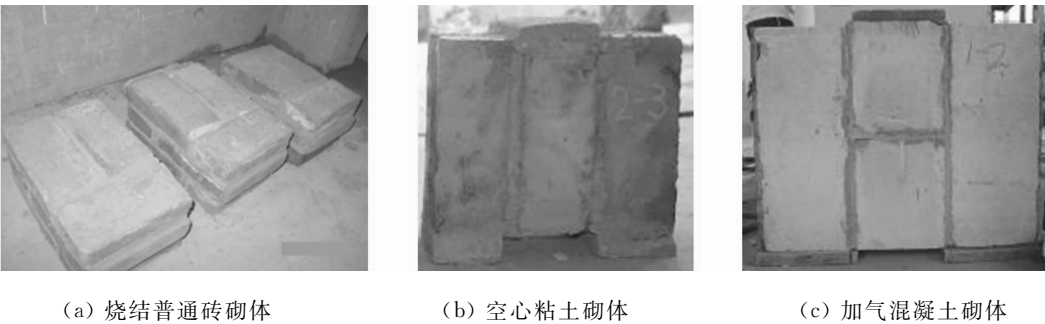
图 1 新型砌块图示

Fig. 1 Photos of the new blocks



图 2 砌体的抗压试件

Fig. 2 Compressive specimens of masonry



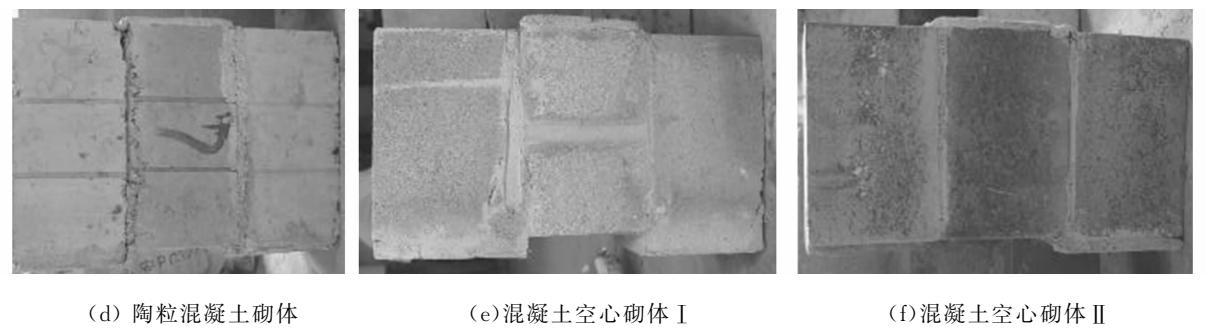


图 3 砌体的抗剪试件

Fig. 3 Shear specimens of masonry

受力面的面积即试件的截面面积; l,w,k 分别为试件的长、宽和高.

表 1 试件参数

Tab. 1 Test parameters

砌块类型	砌块试件		砌体的抗压试件		砌体的抗剪试件	
	$l\times w\times k$ / mm \times mm \times mm	A / mm ²	$l\times w\times k$ / mm \times mm \times mm	A / mm ²	$l\times w\times k$ / mm \times mm \times mm	A / mm ²
烧结普通砖	240 \times 114 \times 55	27 360	240 \times 370 \times 720	88 800	370 \times 240 \times 180	88 800
空心粘土砖	228 \times 168 \times 120	26 047	228 \times 170 \times 508	26 357	284 \times 185 \times 237	29 815
加气混凝土砌块	600 \times 240 \times 120	144 000	400 \times 240 \times 640	96 000	740 \times 200 \times 600	120 000
陶粒混凝土砌块	380 \times 188 \times 210	35 720	380 \times 188 \times 620	35 720	590 \times 190 \times 387	36 765
混凝土空心砌块 I	280 \times 175 \times 210	23 520	280 \times 175 \times 610	23 520	580 \times 176 \times 280	23 654
混凝土空心砌块 II	280 \times 175 \times 208	24 010	280 \times 175 \times 598	24 010	580 \times 173 \times 276	23 397

1.2 试件的加载与量测

砌体抗压性能试验和砌体沿灰缝剪切试验的加载图,如图 4 所示. 砌体抗压试验加载时用厚钢板置于试件顶面和底面,加载过程中力和位移由试验机控制系统自动采集荷载及位移. 加载时先对试件施加 10%的预估破坏荷载,反复预压 3 次. 试验采用分级加载方式加载,每级荷载增量为预估破坏荷载的 10%,并在 1~1.5 min 内均匀施加;恒荷 1~2 min 后施加下一级荷载. 加载至预估破坏荷载的 80%后,连续加载直至试件破坏. 砌体灰缝剪切试验采用连续加载方式进行荷载施加,加载速度按照试件在 1~3 min 内破坏进行控制,当一个受剪面破坏即认为试件破坏.



(a) 砌体抗压试验 (b) 砌体灰缝剪切试验

图 4 试验加载装置图

Fig. 4 Loading set-up

2 结果与分析

2.1 砌块抗压试验

砌块抗压试验的主要试验结果的平均值,如表 2 所示. 其中: ρ 为空心率; N_u 为试件的抗压破坏荷载; $f_{c,b}$ 为砌块的抗压强度, $f_{c,b}=N_u/A$.

2.2 砌体抗压试验

砌体抗压试验实测值及计算结果的平均值,如表 2 所示. 其中: N_c 为试件的抗压开裂荷载; N_u 为试件的抗压破坏荷载; $f_{c,m}$ 为砌体的抗压强度, $f_{c,m}=N_u/A$; $\epsilon_{0.4}$ 为对应于 $0.4f_{c,m}$ 时的轴向应变值; E 为砌体的弹性模量, $E=0.4f_{c,m}/\epsilon_{0.4}$.

在试验中,空心粘土砖砌体与混凝土空心砌块 II 砌体的弹性模量接近,但二者的破坏情况有所区别. 空心粘土砖砌体加载至最大荷载的 22.7%~27.0%时,在砌体的正面出现第 1 条竖向裂缝,为最早

出现裂缝的砌体,而且由于其中的孔洞是上下贯通的,在试件制作时,砌筑砂浆已经把砖中的孔洞填满,所以在加载过程中,砂浆分担了试件部分的压力,使砌块局部被压坏时,砌体的承载力仍在上升;一旦砂浆压坏,砌体的强度急剧下降,呈脆性破坏. 混凝土空心砌块Ⅱ砌体是最晚开裂的砌体,加载到最大荷载的 67.4%~72.8%时,才在上层砌块的一侧边壁上出现第 1 条竖向裂缝. 混凝土空心砌块Ⅱ的坐浆面侧肋板较厚,孔洞小,所以在砌筑时采用坐浆面朝上的砌筑方式,使尽量少的砂浆灌入孔洞. 加载过程中,随着荷载的不断增大,边壁上原有裂缝延伸,并扩展至砌体各面;边壁裂缝和内侧纵肋上裂缝一旦贯通,肋板作为增强构件的作用就完全丧失,砌块的外面板脱落,砌体失去承载能力,呈塑性破坏.

陶粒混凝土砌块和混凝土空心砌块Ⅰ的抗压强度接近,但砌体的抗压强度相差较大,破坏情况也有所不同. 陶粒混凝土砌体在加载到最大荷载的 42.6%~57.8%时,砌体正面中部出现第 1 条裂缝;随着荷载的增加,砌体边壁开裂先形成上下贯通裂缝,然后砌体正面裂缝延伸与中间层的竖向砂浆层相连,形成上下通长裂缝. 由于肋板分布较多,肋板作为增强构件的作用还未完全丧失,砌块面板不会整面掉落,最后砌体部分面板和边壁剥落,荷载急剧下降,砌体破坏. 混凝土空心砌块Ⅰ砌体加载至最大荷载的 53.1%~65.3%时,上层砌块边肋处开裂;而后裂缝延伸,砌块边壁被劈裂,面板剥落,砌块破坏.

加气混凝土砌体的截面面积大,质量小,但抗压能力差. 砌体受力到最大荷载的 42.6%~57.9%时,砌体正面开裂,然后随着荷载的增加,砌体裂缝增多,呈片状剥落,最后砌体压溃破坏.

2.3 砌体灰缝剪切试验

将砌体沿灰缝剪切试验所测得的数值进行计算,其平均值如表 2 所示. 表 2 中: N_v 为试件的抗剪破坏荷载; $f_{v,m}$ 为砌体的抗剪强度, $f_{v,m}=N_v/2A$.

从表 2 可知:烧结普通砖、空心粘土砖和混凝土空心砌块Ⅰ的砌体的抗剪强度相接近. 烧结普通砖砌体在剪力的作用下,其抗剪承载力随着荷载的增加而增大,当达到最大荷载时,灰缝瞬间开裂,中间受力砌块滑移,砌体破坏,但砌块不开裂. 空心粘土砖砌体截面积小,其砌块的孔洞上下贯通,在试件制作时,部分砂浆灌入了砌块中的孔洞,使砌块和砂浆较好地咬合,增大了界面的抗剪力,从而提升了砌体的抗剪强度. 混凝土空心砌块Ⅰ砌体的截面面积虽小,但其砌块表面粗糙,有利于与砂浆的咬合,故混凝土空心砌块Ⅰ砌体的抗剪强度也较高.

陶粒混凝土和混凝土空心砌块Ⅱ和加气混凝土的砌体的破坏情况与烧结普通砖砌体的类似,但由于砌体表面光滑,不利于砌体表面与砂浆的咬合作用,易受剪力破坏.

表 2 试件的力学性能试验结果
Tab. 2 Test parameters and experimental results

砌块类型	砌块试件			砌体的抗压试件					砌体的抗剪试件	
	$\rho/\%$	N_u/kN	$f_{c,b}/\text{MPa}$	N_c/kN	N_u/kN	$f_{c,m}/\text{MPa}$	$\epsilon_{0.1}/\mu\epsilon$	E/GPa	N_v/kN	$f_{v,m}/\text{MPa}$
烧结普通砖	0	393.32	14.38	329.92	541.49	6.10	430	5.672	124.50	0.70
空心粘土砖	32	225.04	8.64	26.10	109.44	4.15	374	4.441	37.43	0.63
加气混凝土砌块	0	90.82	0.63	114.43	230.66	2.40	455	2.112	26.34	0.11
陶粒混凝土砌块	50	177.36	4.97	70.30	122.33	3.42	498	2.751	23.20	0.32
混凝土空心砌块Ⅰ	52	98.61	4.19	38.12	81.80	3.48	374	3.720	32.82	0.69
混凝土空心砌块Ⅱ	51	275.27	11.46	84.25	122.25	5.09	429	4.747	11.72	0.25

3 结束语

通过新型墙材砌体抗压性能和抗剪性能的试验研究,并与烧结普通砖砌体进行了对比,可以得到以下主要 3 点结论.

1) 砌块的抗压强度与砌块的制作工艺和质量有关,空心砌块的强度还与肋板的分布、孔洞的大小和面板的厚度有关. 混凝土空心砌块Ⅰ,Ⅱ同等材料的砌块,虽然肋板的分布有所不同,但由于混凝土空心砌块Ⅱ的制作质量较好,其抗压强度大大高于混凝土空心砌块Ⅰ.

2) 在砌体抗压试验中,随着荷载的增大,初始裂缝增多延伸,并扩展至砌体各面,最终失去承载能力破坏. 空心砌体在加载后期,由于砌块肋的垂直断裂,肋板作为增强构件的作用就完全丧失,面板起着

独立板的作用,细长比的显著增大导致突然破坏.其中空心粘土砖砌体最为严重,存在一定的安全隐患,而陶粒混凝土砌体的肋板分布较多,不易出现因肋断裂而引起面板剥落的现象.空心砌块肋板的分布情况,还有待进一步的研究改进.

3) 在砌体抗剪试验过程中,砌体的抗剪承载力随着荷载的增加而增大,当达到最大荷载时,灰缝瞬间开裂,中间受力砌块滑移,砌体破坏,但砌块不开裂;而砌体的抗剪强度与砌块的表面光滑度和界面的咬合程度有直接关系.

参考文献:

[1] 孙恒军,王明山,闫忠明,等. 混凝土小砌块配筋砌体抗压性能的试验研究[J]. 山东建筑工程学院学报,2002,17(4):8-12.

[2] 孙伟民,王辰宇,张怀金,等. 节能型复合混凝土小型空心砌块砌体抗剪试验研究[J]. 混凝土与水泥制品,2004(5):48-49.

[3] 李建成. 混凝土空心砌块的孔型对其隔热性能的影响[J]. 混凝土与水泥制品,1995(5):50-52.

[4] 李利群,王杏林,刘伟庆. 新型混凝土小型空心砌块砌体的力学性能研究[J]. 新型墙体材料与施工,2003(2):36-38.

[5] 程才渊,吴明舜,苏宇峰,等. 伊通加气混凝土砌体抗压、弯曲抗拉、通缝抗剪的试验研究[J]. 四川建筑科学研究,2005,31(1):90-94.

[6] 邵永健,殷志文,劳裕华,等. 陶粒混凝土砌块的配合比设计与抗压强度试验[J]. 混凝土,2007(10):107-108.

[7] MARIA S R,HISSASHI K M,LEITE K E. Economic-energetic feasibility study of the utilization of hollow concrete blocks with rubble in low-cost housing in Brasilia[J]. Rem-Revista Escola De Minas,2007,60(3):519-524.

[8] 郭子雄,吴毅彬,黄群贤. 砌体填充墙框架结构抗震性能研究现状与展望[J]. 地震工程与工程振动,2008,28(6):172-177.

[9] 郭子雄,黄群贤,魏荣丰,等. 填充墙不规则布置对 RC 框架抗震性能影响试验研究[J]. 土木工程学报,2010,43(11):46-54.

[10] 朱雁茹. 新型砌体填充墙 RC 框架结构抗震性能研究[D]. 泉州:华侨大学,2010.

[11] 四川省建设委员会. GBJ 129—90 砌体基本力学性能试验方法标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1990.

Comparison of Mechanical Behaviors Among
Various New Masonries for Wall

LIN Chao, GUO Zi-xiong, HUANG Qun-xian, YE Yong

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: An experimental investigation on the compressive and shear properties of masonries with five kinds of new blocks was carried out, including hollow clay bricks, aerated concrete blocks, ceramsite concrete blocks, concrete hollow block I and concrete hollow block II. The results show that compressive strength of blocks is related to production process and the quality; the strength of hollow blocks is related to the distribution of the ribs, the size of the pores, and the thickness of the panel; with increasing the load, the cracks of the masonries increase, and extend to each side of the masonries, finally the masonries is destroyed due to the loss of carrying capacity; the shear strength of masonries is related directly to the degree of surface smoothness of block and the occlusal degree of the interface.

Keywords: wall material; masonry; block; compressive strength; shear strength

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 方德平)