

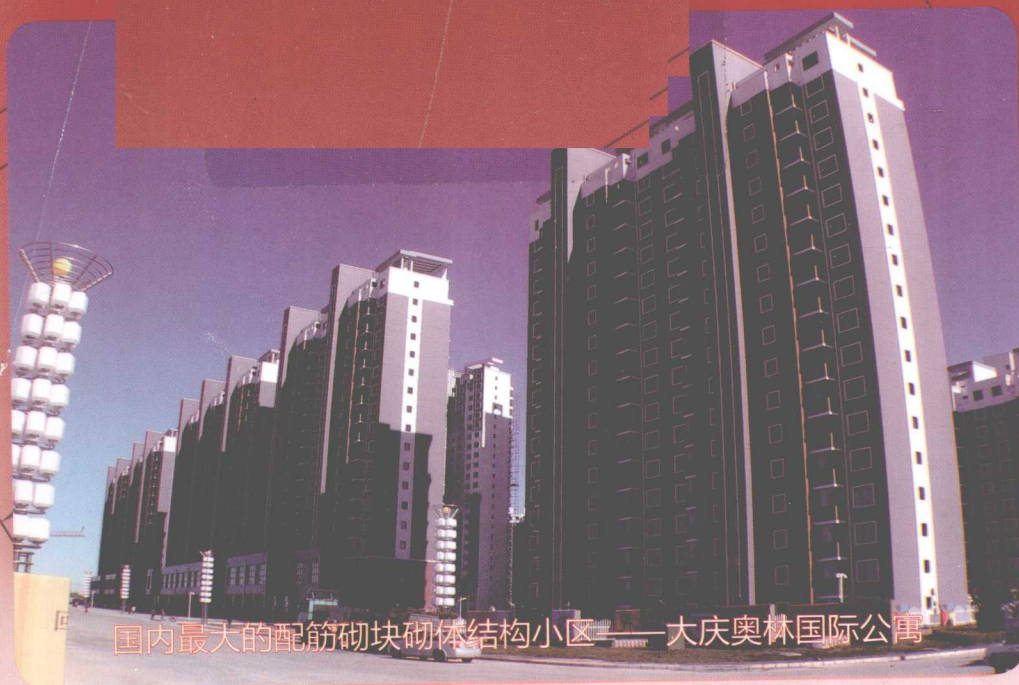
唐岱新 王凤来 施楚贤 主编

New Masonry Structural System and Wall Materials
——Compilation of Research Results of
Reinforced Block Masonry

配筋砌块砌体
研究成果汇编

新型砌体结构体系 与墙体材料

[下]



国内最大的配筋砌块砌体结构小区——大庆奥林国际公寓

中国建材工业出版社

新型砌体结构体系与墙体材料 (下册)

——配筋砌块砌体研究成果汇编

唐岱新 王凤来 施楚贤 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新型砌体结构体系与墙体材料——工程应用/王凤来,
高连玉, 张厚主编. —北京: 中国建材工业出版社,
2010. 7

ISBN 978-7-80227-800-4

I. ①新… II. ①王… ②高… ③张… III. ①砌块结
构—应用—墙体材料—建筑工程 IV. TU522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 108710 号

内 容 简 介

本书重点反映了我国在新型墙体结构体系方面的研究成果和工程应用, 突出强调了建材发展与建筑应用相结合。本书分上、下册。

上册为工程应用, 包括现代砌体结构的发展与标准建设; 配筋砌块砌体的研究与应用; 新型无筋砌体的研究与应用; 砌体结构抗震与加固; 砌体构件性能的研究与设计。

下册为配筋砌块砌体科研成果汇编, 内容包括砌块砌体的基本力学性能; 砌块整浇墙体结构及构件的静力性能研究; 砌块整浇结构及构件的抗震性能研究。

该书总结了近年来国内外在新型砌体结构体系和新型墙体材料方面的最新研究成果和工程应用成就, 展示了砌体结构的研究水平, 引领砌体结构的发展方向, 特别确立了具有中国特色的现代砌体结构与墙体材料基本理论体系, 为拉动我国砌体材料与技术的科技发展提供学术交流平台。

读者对象: 建筑设计人员、结构设计人员、设计研究院的研究人员、大学学者及研究生、建材企业技术人员等。

新型砌体结构体系与墙体材料——配筋砌块砌体研究成果汇编

唐岱新 王凤来 施楚贤 主 编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 41.5

字 数: 1269 千字

版 次: 2010 年 7 月第 1 版

印 次: 2010 年 7 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-800-4

定 价: 150.00 元 (全两册)

(本册 95.00 元)

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

目 录

下 册

第一篇 砌块砌体的基本力学性能

高强砌块填芯砌体基本力学性能试验研究	江 波 (3)
混凝土砌块砌体轴压应力-应变关系试验研究	张云杰 (16)
灌芯混凝土砌块砌体在双向受力下的破坏准则	孙忠洋 (32)
混凝土砌块砌体基本力学性能试验研究与非线性有限元分析	宋 力 (44)
注芯混凝土砌块砌体双向受力试验及其本构模型研究	刘立鹏 (63)
砌块内配置箍筋的砌块砌体轴心受压力学性能试验研究	王石磊 (88)
混凝土小型空心砌块抗压强度检测方法的试验研究	刘晓丹 (102)
非标砌块灌芯砌体抗压性能试验研究	张旭伟 (115)
硕士学位论文标题: 灌孔砌块砌体基本力学性能与复合节能墙体抗震性能研究	高 翔 (137)

第二篇 配筋砌块砌体结构及构件的静力性能

配筋砌块剪力墙斜截面设计方法试验研究	张彩虹 (155)
构造柱与混凝土砌体组合墙受压承载力试验研究	李启鑫 (172)
配筋混凝土砌块深梁的试验研究	何 宇 (186)
配筋砌块墙体平面外偏压承载力试验研究	于 芳 (202)
配筋砌块短肢砌体剪力墙抗剪性能试验研究	许祥训 (221)
配筋砌块短肢砌体剪力墙偏心受压性能的试验研究	李 新 (238)
配筋砌块砌体柱偏心受压承载力的试验研究	张丙全 (255)
带洞口配筋混凝土砌块组合深梁的抗震性能研究	国艳锋 (272)
框支配筋砌块短肢砌体剪力墙墙梁受力性能试验研究	刘洧骥 (290)
框支配筋砌块砌体剪力墙墙梁的试验研究	杨 刚 (308)
复合节能墙体的平面内与平面外受力性能研究	陈胜云 (333)

第三篇 配筋砌块砌体结构及构件的抗震性能

混凝土砌块配筋剪力墙正截面静力及抗震性能试验研究	费金标 (351)
配筋混凝土小砌块高悬臂剪力墙抗震性能研究	钟 锐 (369)
配筋混凝土砌块砌体高层结构抗震性能研究	姜洪斌 (385)
砌块空腔墙体与约束配筋砌块结构的抗震性能研究	翟希梅 (415)
配筋砌块砌体剪力墙抗剪静动力性能研究	全成华 (445)
配筋砌块砌体剪力墙砌块连梁的抗震性能研究	田玉滨 (468)
配筋砌块短肢砌体剪力墙抗震性能的试验研究	费洪涛 (499)
配筋砌块砌体组合连梁抗震性能试验研究	石星亮 (514)

配筋混凝土砌块砌体框支剪力墙房屋抗震性能研究	蔡 勇 (529)
框支配筋砌块砌体剪力墙多自由度子结构拟动试验研究及非线性震反应分析	黄 靓 (556)
采用端部约束的配筋砌块砌体剪力墙抗震性能试验研究	胡志远 (581)
N 式砌块配筋砌块砌体剪力墙的抗震性能试验研究	陈 良 (596)
底层框架房屋震损结构的加固方法及受力性能试验研究	杨同盖 (613)
同缝砌筑的 N 式砌块配筋砌体剪力墙的抗震性能试验研究	陶承志 (630)
框支配筋砌块短肢砌体结构拟动力子结构试验研究	陈再现 (643)

第 1 章 绪论

(3) 张 玉	张 玉
(10) 张 云	张 云
(35) 张 云	张 云
(44) 张 云	张 云
(63) 张 云	张 云
(88) 张 云	张 云
(103) 张 云	张 云
(112) 张 云	张 云
(133) 张 云	张 云

第 2 章 绪论

(122) 张 云	张 云
(133) 张 云	张 云
(180) 张 云	张 云
(202) 张 云	张 云
(221) 张 云	张 云
(238) 张 云	张 云
(252) 张 云	张 云
(272) 张 云	张 云
(300) 张 云	张 云
(308) 张 云	张 云
(333) 张 云	张 云

第 3 章 绪论

(331) 张 云	张 云
(368) 张 云	张 云
(382) 张 云	张 云
(412) 张 云	张 云
(442) 张 云	张 云
(468) 张 云	张 云
(494) 张 云	张 云
(514) 张 云	张 云

第一篇

砌块砌体的基本力学性能

高强砌块填芯砌体基本力学性能试验研究

作者：江 波 导师：唐岱新

哈尔滨建筑大学

1 填芯砌块砌体抗压性能试验

1.1 试件制作及基本参数

本次试验使用的砌块由大庆达源新型建筑材料公司提供，为 190mm 标准砌块。大庆达源新型建筑材料公司提供的 K2 型块材是由整块 K1 型砌块锯开而成。

试件规格按照《砌体基本力学性能试验方法标准》(GBJ 129—90) 确定，砂浆和混凝土芯柱按照中国建筑东北设计研究院编制的《混凝土小型空心砌块新型建筑体系配套材料——改性剂 使用说明》配制。考虑到空心砌块砌体肋壁窄、竖灰缝高的特点，为改善砂浆的和易性，砂浆中加入 1 号改性剂；又因为砌块的孔洞面积小而深度大，为使芯柱密实必须提高混凝土的流动性，在芯柱混凝土中加入 2 号改性剂，使其坍落度达到 200mm。目前大庆地区正在实际工程中普遍使用这两种改性剂。整个过程由一名有经验的瓦工进行砌筑。试件规格及尺寸符合试验标准要求，为标准试件。

试件的基本参数是各组成材料的强度和试件的外形尺寸，本次试验共有 29 个试件，具体情况见表 1-1。

表 1-1 试件基本参数表

编号	试件数	填芯率 α	砌块 f_1 (MPa)	砂浆 f_2 (MPa)	芯柱混凝土 f_{cu} (MPa)	试件型号
A1	6	0.43	13.2	4.2	43.4	Ⅲ型
A2	2	0.40	13.2	6.2	27.1	Ⅱ型
A3	3	0.40	13.2	4.1	32.7	
B1	6	0.40	18.5	5.6	40.3	Ⅰ型
C1	6	0.40	22.4	7.5	55.8	
C3	6	0.40	22.4	9.7	60.7	

1.2 试验装置及加载制度

试验使用 5000kN 压力机加载。为测量砌体表面应变，在试件的两个长边安装千分表。测量竖向位移的千分表标距为 400mm，安装轴线距试件边缘 100mm。测量横向位移的千分表安装在长边中部。

试验采取物理对中、分级施加荷载方法。每级荷载为预估破坏荷载的 10%，并在 1~1.5min 内均匀加完，恒载 1~2min 千分表读数稳定后读表。

1.3 试验结果

试件 A1 在平均 63% 破坏荷载，A2、A3 在平均 51% 破坏荷载，B1 在平均 40% 破坏荷载，C1、C3 在平均 37% 破坏荷载出现第一条肉眼可见的发丝裂缝。之后裂缝的发展及增长并不显著，直至

85% 破坏荷载后裂缝开始显著增长, 在接近破坏时裂缝急剧开展, 最终砌体外壳形成几条主要的大裂缝而破坏。对于芯柱与砌块强度接近的情况, 破坏后, 剥离外部的砌块, 可以看到外部砌块与芯柱有粘连现象, 而当芯柱混凝土强度较砌块强度高出很多的情况下, 表现为砌块外皮突然外胀破坏, 砌块外皮可以从芯柱完全剥离, 芯柱大多完好。试件的初裂荷载及破坏荷载见表 1-2, 具体破坏现象如图 1-1 ~ 图 1-6 所示。

表 1-2 试件的初裂荷载及破坏荷载

试件组号	试件编号	初裂荷载 N_{cr} (kN)	破坏荷载 N_u (kN)	初裂系数 N_{cr}/N_u	初裂位置	平均初裂系数
A1	A1-1	1350	2100	0.64	短边端头	0.63
	A1-2	1650	2100	0.79	长边下角	
	A1-3	1200	1900	0.63	块材中部	
	A1-4	1350	2380	0.57	短边中部	
	A1-5	1200	2300	0.52	长边外侧	
	A1-6	—	1930	—	短边上部	
A2	A2-1	1200	2190	0.55	灰缝	0.52
	A2-2	1050	2110	0.50	灰缝	
A3	A3-1	1100	2170	0.51	灰缝	0.50
	A3-2	1050	2090	0.50	块材	
	A3-3	—	1980	—	块材	
B1	B1-1	1000	3550	0.28	灰缝	0.40
	B1-2	1200	3380	0.36	—	
	B1-3	1200	3240	0.37	块材	
	B1-4	1200	2700	0.44	块材	
	B1-5	1400	2670	0.52	块材	
	B1-6	1400	3200	0.44	块材	
C1	C1-1	1200	2600	0.46	块材	0.39
	C1-2	800	2880	0.28	块材	
	C1-3	—	2570	—	—	
	C1-4	1200	2600	0.46	灰缝	
	C1-5	1200	2840	0.42	块材	
	C1-6	1200	3400	0.35	长边外侧	
C3	C3-1	1400	3300	0.42	块材	0.35
	C3-2	1800	4140	0.43	起皮	
	C3-3	—	3220	—	块材	
	C3-4	1000	3380	0.30	块材	
	C3-5	1200	3300	0.36	灰缝	
	C3-6	800	3480	0.23	块材	

《砌体基本力学性能试验方法标准》(GBJ 129—90) 规定, 对应 0.4 极限破坏荷载时的竖向应力和应变的比值为砌体的弹性模量, 横向应变和竖向应变的比值为砌体的泊松比, 见表 1-3。

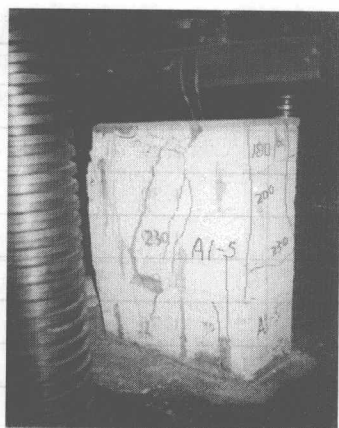


图 1-1

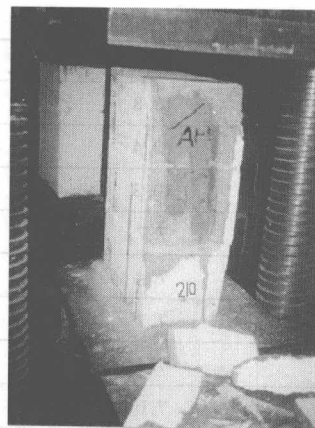


图 1-2

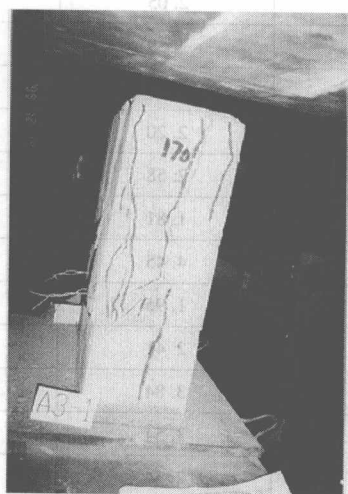


图 1-3

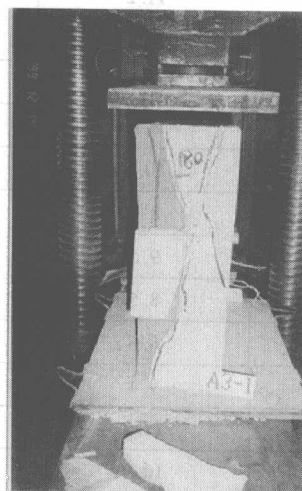


图 1-4

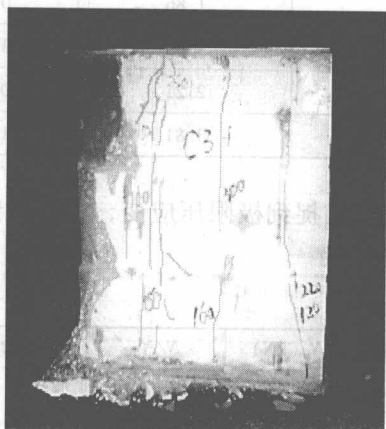


图 1-5



图 1-6

表 1-3 弹性模量及泊松比

试件编号	$0.4f_u$ (MPa)	$\mu\varepsilon$	$\mu\varepsilon_{tr}$	$E(10^4)$	ν
A1-1	11.3	489	31	2.31	0.063
A1-2	11.3	464	33	2.43	0.071
A1-3	10.2	447	91	2.28	0.204

续表

试件编号	0.4 f_u (MPa)	$\mu\varepsilon$	$\mu\varepsilon_{tr}$	$E(10^4)$	ν
A1-4	12.8	564	82	2.27	0.145
A1-5	12.4	539	62	2.29	0.115
A1-6	10.3	795	16	1.30	0.020
A2-1	7.7	456	108	1.69	0.237
A2-2	7.4	373	185	1.99	0.496
A3-1	7.7	436	101	1.76	0.232
A3-2	7.4	335	548	2.20	1.636
A3-3	7.0	347	773	2.02	2.228
B1-1	11.8	429	551	2.74	1.284
B1-2	11.2	547	111	2.05	0.203
B1-3	10.8	318	1101	3.39	3.462
B1-4	9.0	233	1172	3.84	5.030
B1-5	8.9	402	18	2.20	0.045
B1-6	10.6	411	110	2.58	0.268
C1-1	8.6	475	41	1.81	0.086
C1-2	9.5	214	1466	4.45	6.850
C1-3	8.5	436	22	1.95	0.050
C1-4	8.6	356	111	2.41	0.312
C1-5	9.4	245	291	3.84	1.188
C1-6	11.2	317	1090	3.54	3.438
C3-1	10.9	430	596	2.54	1.386
C3-2	13.7	513	255	2.67	0.497
C3-3	10.6	571	54	1.86	0.095
C3-4	11.2	277	1015	4.03	3.664
C3-5	10.9	492	313	2.21	0.636
C3-6	11.5	302	302	3.81	1.000

由于在接近破坏时裂缝急剧发展和试验机刚度不够,没有能捕捉到极限压应变,大多数试件只测量到破坏前一级荷载时约95%左右破坏荷载时的压应变,见表1-4。

表 1-4 竖向极限压应变

试件组号	试件编号	竖向微应变 ($\mu\varepsilon$)	对应荷载 N (kN)	极限荷载 N_u (kN)	N/N_u	平均微应变 ($\mu\varepsilon$)
A1	A1-1	2030	2100	2100	1.00	1877
	A1-2	1547	2000	2100	0.95	
	A1-3	1830	1900	1900	1.00	
	A1-4	2136	2300	2380	0.97	
	A1-5	1821	2100	2300	0.91	
	A1-6	1898	1800	1930	0.93	
A2	A2-1	1634	2100	2190	0.96	1538
	A2-2	1442	2100	2110	1.00	

续表

试件组号	试件编号	竖向微应变 ($\mu\epsilon$)	对应荷载 N (kN)	极限荷载 N_u (kN)	N/N_u	平均微应变 ($\mu\epsilon$)
A3	A3-1	1551	2100	2170	0.97	1443
	A3-2	1337	1950	2090	0.93	
	A3-3	1441	1900	1980	0.96	
B1	B1-1	—	—	3550	—	1338
	B1-2	1395	3000	3380	0.89	
	B1-3	—	2900	3240	—	
	B1-4	—	2450	2700	—	
	B1-5	1218	2600	2670	0.97	
	B1-6	1402	2900	3200	0.91	
C1	C1-1	1623	2500	2600	0.96	1477
	C1-2	—	—	2570	—	
	C1-3	1831	2500	2570	0.97	
	C1-4	—	—	2600	—	
	C1-5	1064	2800	2840	0.99	
	C1-6	1389	3400	3400	1.00	
C3	C3-1	1297	3300	3300	1.00	1323
	C3-2	1726	4100	4140	0.99	
	C3-3	1145	3220	3220	1.00	
	C3-4	1093	3300	3380	0.98	
	C3-5	1488	3200	3300	0.97	
	C3-6	1186	3400	3480	0.98	

1.4 试验结果分析

1.4.1 初裂系数

填芯砌体的初裂部位,对没有竖向灰缝的A1型试件,一般发生在砌块外皮相应于孔洞的位置;对有竖向灰缝的试件,一般先在灰缝部位出现极细的裂缝,之后发展到对着灰缝的块材裂开。本次试验结果与以往试验结果相比较见表1-5。

表 1-5 填芯砌体强度统计表

试验单位	组号	型号	数量	填芯率 α	材料强度 (MPa)			初裂荷载 N_{cr} (kN)	破坏荷载 N_u (kN)	初裂系数 N_{cr}/N_u
					砌块 f_1	砂浆 f_2	填芯混凝土 f_{cu}			
哈尔滨 建筑大学	A1	Ⅲ型	6	0.43	13.2	4.2	43.4	1350	2156	0.63
	A2	Ⅱ型	2	0.40	13.2	6.2	27.1	1125	2150	0.52
	A3		2	0.40	13.2	4.1	32.7	1075	2130	0.50
	B1	Ⅰ型	4	0.40	18.5	5.6	40.3	1250	2998	0.42
	C1		5	0.40	22.4	7.5	55.8	1120	2864	0.39
	C3		5	0.40	22.4	9.7	60.7	1240	3520	0.35
广西 建研院	T1	Ⅰ型	2	0.50	22.3	6.0	18.6	1127	1862	0.60
	T2	Ⅱ型	8	0.38	22.3	7.7	15.5	833	1979	0.42
	T3		4	0.38	22.3	8.4	17.4	774	2087	0.37
	T4		2	0.38	22.3	11.6	19.7	950	2254	0.42

从表中可以看到没有竖向灰缝的 A1 组试件初裂系数最大,即相应于破坏来说初裂较晚;对有竖向灰缝的试件,块材和芯柱强度越高时初裂系数越小,即相应于其破坏来说初裂较早。

1.4.2 抗压强度

本次试验得到的抗压强度统计结果(根据试验情况对试验结果已做筛选)以及所收集到的其他单位的试验研究结果见表 1-6。

表 1-6 各单位填芯砌体抗压强度

试验单位	编号	试件数量	填芯率 α	砌块 f_1 (MPa)	砂浆 f_2 (MPa)	芯柱 f_{cu} (MPa)	抗压强度 f_u (MPa)
哈尔滨 建筑大学	A1	5	0.43	13.2	4.2	43.4	28.5
	A2	2	0.40	13.2	6.2	27.1	18.9
	A3	3	0.40	13.2	4.1	32.7	18.4
	B1	1	0.40	18.5	5.9	43.4	29.4
	B2	4	0.40	18.5	5.9	39.7	24.9
	B3	1	0.40	18.5	4.2	39.7	26.6
	C1	4	0.40	22.4	7.5	55.8	24.2
	C3	6	0.40	22.4	9.7	60.7	28.7
	AK1	5	0.40	13.2	6.3	—	7.3
	AK2	3	0.40	13.2	6.8	—	7.9
广西建研院	T1	2	0.38	14.9	11.6	19.7	16.2
	T2	2	0.38	22.3	6.0	18.6	17.2
	T3	8	0.38	22.3	7.7	15.5	18.1
	T4	4	0.38	22.3	8.4	17.4	19.6
	K1	2	0.38	14.9	11.6	—	7.16
	K2	2	0.38	22.3	6.0	—	12.87
	K3	8	0.38	22.3	7.7	—	14.06
	K4	2	0.38	22.3	11.6	—	13.21
四局建科所	T5	5	0.47	19.0	5.3	43.6	14.0
	T6	5	0.47	19.0	10.3	43.6	17.7
贵州建材所	T7	3	0.49	10.4	5.7	11.5	13.6
	T8	3	0.49	10.4	4.1	10.8	8.5
河南建材所	T9	3	0.42	9.0	10.0	22.2	9.9
	T10	3	0.42	9.0	13.1	21.2	10.1
广西建科院	T11	5	0.48	8.5	3.3	7.2	6.8
广州建材所	T12	5	0.50	9.8	6.7	10.8	12.8
四川建科院	T13	3	0.53	5.7	3.6	15.4	15.5
上海十八层	T14	5	0.50	15.0	48.2	47.2	24.58
	T15	9	0.50	17.1	42.0	45.4	30.43
	T16	6	0.50	17.1	42.0	44.8	26.78
	T17	6	0.50	17.1	42.0	35.6	29.28
	T18	6	0.50	17.1	20.5	45.4	34.66
	T19	6	0.50	15.0	42.0	45.4	28.32
	T20	14	0.50	23.4	40.1	48.1	31.78
	T21	6	0.50	17.1	42.1	—	9.79

注:上海十八层的试验结果已换算成规范规定的标准试件强度,即强度下调了4%。

根据 Robert G Drysdale 和 Ahmad A. Hamid 的试验结果, 砂浆对填芯砌体抗压强度的影响很小。由 Robert G Drysdale, Ahmad A. Hamid 和广西建研院的试验结果, 空心率相同时砌块截面几何特征对填芯砌体的抗压强度没有影响。由此可知各个试验单位所使用的砌块几何形状虽然存在差异, 但是所得到的试验数据是具有可比性的。

(1) 块材强度和芯柱混凝土强度

选取块材强度相差不多的四组试验结果对比不同芯柱混凝土强度下的填芯砌体强度, 如图 1-7 所示。

图中表示不同砌块强度下芯柱混凝土强度变化引起的填芯砌体强度变化, 回归直线表达式分别为:

$$\begin{aligned} f_u &= 1.05\alpha f_{cu} + 7.28 & f_1 &= 13.2 \text{ MPa} \\ f_u &= 0.75\alpha f_{cu} + 8.26 & f_1 &= 14.9 \sim 15.7 \text{ MPa} \\ f_u &= 0.70\alpha f_{cu} + 11.53 & f_1 &= 17.1 \sim 19.0 \text{ MPa} \\ f_u &= 0.61\alpha f_{cu} + 13.75 & f_1 &= 22.3 \sim 23.4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

从中可以看到块材强度越高, 代表强度平均值的直线位置越高, 芯柱混凝土的强度越高, 抗压强度随之增长, 因此块材和芯柱混凝土都是决定填芯砌体抗压强度的主要因素。当砌块的强度越高时回归线的斜率越小, 说明块材强度越高时, 芯柱混凝土强度的提高对试件强度的提高作用越小。当芯柱混凝土的强度为零时, 砌体极限抗压强度接近空心砌体的抗压强度。

(2) 抗压强度计算公式

砌体规范征求意见稿根据国内多家研究机构的试验结果进行回归, 得到的填芯砌体平均抗压强度的计算公式为式 (1-1), 与试验结果的关系如图 1-8 所示。

$$f_{G,m} = f_m + 0.63\alpha f_{cu} \quad (1-1)$$

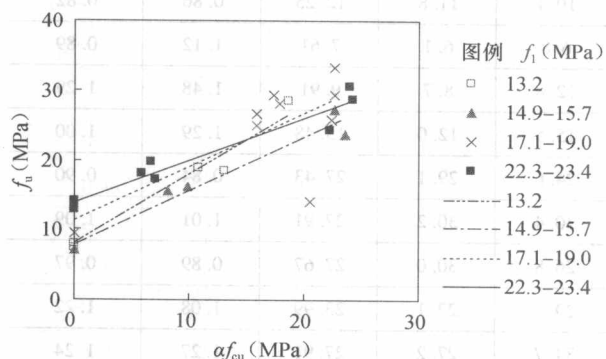


图 1-7 f_1 和 f_{cu} 对抗压强度的影响

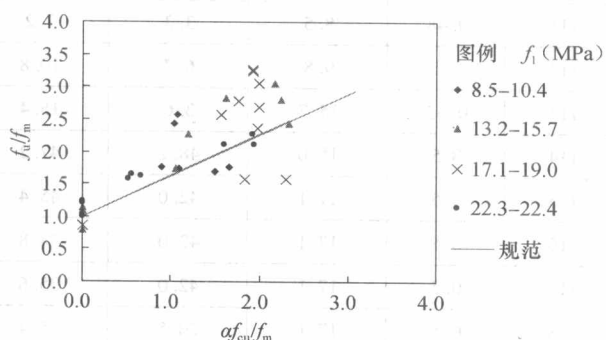


图 1-8 规范公式与试验结果

根据本次试验和各研究单位的试验结果可知, 砂浆强度对高强砌块填芯砌体的抗压强度影响很小, 是否可以建立一个抗压强度公式, 只考虑块材和芯柱两个基本因素呢? 为此本文总结出回归公式 (1-2)。回归直线的斜率表示了芯柱混凝土强度的提高对填芯砌体抗压强度的作用, 直线的纵轴截距表示未填芯砌体抗压强度。对全部填芯的砌块砌体使用此公式只要知道块材和预计使用的混凝土强度就可以计算出强度值。

$$f_{G,m} = 0.57f_1 + 0.8\alpha f_{cu} \quad (1-2)$$

根据式 (1-2) 和规范公式 (1-1) 计算的填芯砌体平均抗压强度计算结果与试验结果的对比

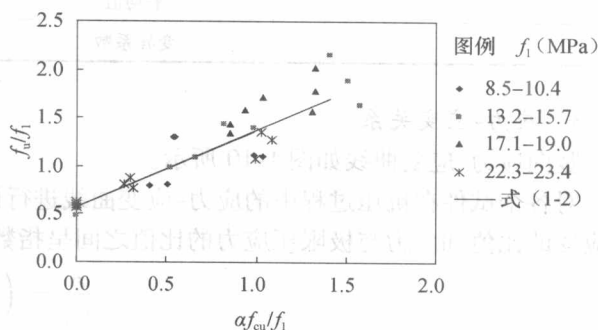


图 1-9 式 (1-2) 与试验结果

见表 1-7。从表中可以看到对高强混凝土砌块填芯砌体, 式 (1-2) 是可以较好地反映试验结果的。

表 1-7 试验结果和规范公式计算值比较

试件编号	填芯率 (α)	砌块 f_1 (MPa)	砂浆 f_2 (MPa)	芯柱 f_{cu} (MPa)	试验 (MPa)	规范 (MPa)	式 (1-2) (MPa)	试验/规范	试验/ 式 (1-2)
A1	0.43	13.2	4.2	43.4	28.5	17.8	22.46	1.60	1.27
A2	0.40	13.2	6.2	27.1	18.9	13.6	16.20	1.39	1.17
A3	0.40	13.2	4.1	32.7	18.4	14.3	17.99	1.29	1.02
B1	0.40	18.5	5.6	40.3	26.6	19.0	23.44	1.40	1.13
C1	0.40	22.4	7.5	55.8	24.2	25.6	30.62	0.95	0.79
C3	0.40	22.4	9.7	60.7	28.7	28.0	32.19	1.02	0.89
T1	0.50	14.9	11.6	19.7	16.2	15.5	16.37	1.04	0.99
T2	0.38	22.3	6.0	18.6	17.2	15.1	18.37	1.14	0.94
T3	0.38	22.3	7.7	15.5	18.1	15.3	17.42	1.18	1.04
T4	0.38	22.3	8.4	17.4	19.6	16.1	18.00	1.22	1.09
T5	0.47	19.0	5.3	43.6	14	9.3	27.22	0.77	0.51
T6	0.47	19.0	10.3	43.6	17.7	10.7	27.22	1.21	0.65
T7	0.49	10.4	5.7	11.5	13.6	8.8	10.44	1.54	1.30
T8	0.49	10.4	4.1	10.8	8.5	8.2	10.16	1.04	0.84
T9	0.42	9.0	10.0	22.2	9.9	11.5	12.59	0.86	0.79
T10	0.42	9.0	13.1	21.2	10.1	11.8	12.25	0.86	0.82
T11	0.48	8.5	3.3	7.2	6.8	6.1	7.61	1.12	0.89
T12	0.5	9.8	6.7	10.8	12.8	8.7	9.91	1.48	1.29
T13	0.53	15.7	3.6	15.4	15.5	12.0	15.48	1.29	1.00
T14	0.5	15.0	48.2	47.2	24.6	29.1	27.43	0.84	0.90
T15	0.5	17.1	42.0	45.4	30.4	30.2	27.91	1.01	1.09
T16	0.5	17.1	42.0	44.8	26.8	30.0	27.67	0.89	0.97
T17	0.5	17.1	42.0	35.6	29.3	27.1	23.99	1.08	1.22
T18	0.5	17.1	20.5	45.4	34.7	27.2	27.91	1.27	1.24
T19	0.5	15.0	42.0	45.4	28.3	28.4	26.71	1.00	1.06
T20	0.5	23.4	40.1	48.1	31.8	36.0	32.58	0.88	0.98
平均值								1.155	1.021
变异系数								0.177	0.163

1.4.3 应力-应变关系

竖向应力-应变曲线如图 1-10 所示。

对各个试件在抗压过程中的应力-应变曲线进行回归, 可以看到不同荷载作用下试件的应变与极限压应变的比值和应力与极限压应力的比值之间呈指数关系, 应力-应变回归曲线表达式为:

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_m} = \left(\frac{\sigma}{f_u} \right)^{1.3} \quad (1-3)$$

公式表示: 当填芯砌体中的应力达到峰值应力时, 应变达到峰值应变。根据式 (1-3) 得到的应力-应变曲线也表示在图 1-10 中, 和试验结果较吻合。

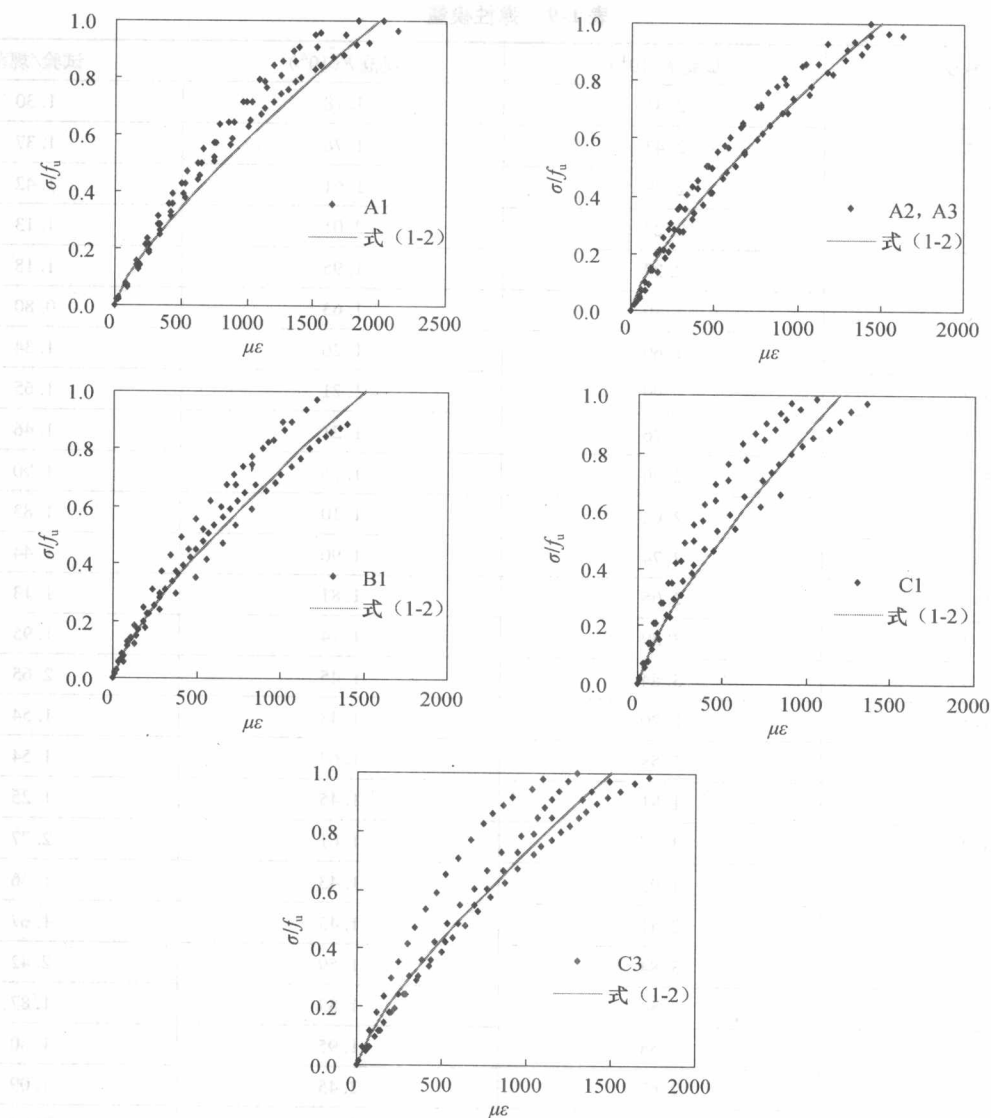


图 1-10 竖向应力-应变曲线

1.4.4 弹性模量

由试验得到的弹性模量及泊松比见表 1-3。砌体弹性模量的取值为 0.4 极限压应力时的割线模量, 根据式 (1-3) 可以得到弹性模量的计算公式为式 (1-4)。

$$E = \frac{0.4f_u}{\varepsilon_u(0.4)^{1.3}} = \frac{1.32f_u}{\varepsilon_u} \quad (1-4)$$

但由于填芯砌体的极限压应变现在还不能确定, 不能使用此式较准确地计算出弹性模量。

按《砌体规范》砌体的材料强度分项系数 γ_f 为 1.6, 材料的变异系数为 0.17, 设计抗压强度与平均抗压强度之间的换算关系为: $f_c = 0.45f_{G,m}$, 得到表 1-8。

表 1-8 填芯砌体的弹性模量 (MPa)

砂浆强度等级			
$\geq M10$	M7.5	M5	M2.5
$720f_{Gm}$	$675f_{Gm}$	$630f_{Gm}$	—

由表 1-8, 采用线性插值的方法进行计算得到的弹性模量值列在表 1-9 中。

表 1-9 弹性模量

试件编号	试验 $E(10^4)$	规范 $E(10^4)$	试验/规范
A1-1	2.31	1.78	1.30
A1-2	2.43	1.78	1.37
A1-3	2.28	1.61	1.42
A1-4	2.27	2.01	1.13
A1-5	2.29	1.95	1.18
A1-6	1.30	1.63	0.80
A2-1	1.69	1.26	1.34
A2-2	1.99	1.21	1.65
A3-1	1.76	1.21	1.46
A3-2	2.20	1.16	1.90
A3-3	2.02	1.10	1.83
B1-1	2.74	1.90	1.44
B1-2	2.05	1.81	1.13
B1-3	3.39	1.74	1.95
B1-4	3.84	1.45	2.65
B1-5	2.20	1.43	1.54
B1-6	2.58	1.67	1.54
C1-1	1.81	1.45	1.25
C1-2	4.45	1.61	2.77
C1-3	1.95	1.43	1.36
C1-4	2.41	1.45	1.67
C1-5	3.84	1.59	2.42
C1-6	3.54	1.89	1.87
C3-1	2.54	1.95	1.30
C3-2	2.67	2.45	1.09
C3-3	1.86	1.89	0.98
C3-4	4.03	2.00	2.02
C3-5	2.21	1.94	1.14
C3-6	3.81	2.06	1.85
平均值			1.56
变异系数			0.305

1.4.5 泊松比

高强度砌块填芯砌体的泊松比见表 1-3。本次试验得到的填芯砌体泊松比离散性很大,如选取泊松比小于 1.0 的 18 个试件求平均值,得到的泊松比为 0.210,与广西建研院的试验结果接近。实际上对于填芯砌块砌体这个值也不能真正代表连续材料本身的性质,如果称它为横向变形系数可能更合适。

2 填芯砌块砌体的抗剪力学性能

2.1 试件制作及基本参数

抗剪试件的砌筑和注芯与抗压试件相同,抗剪试件共两组 6 件,其中 S1、S2 的基本参数见表 2-1。