

建筑 结构 新 进 展

主编 刘伟庆 李爱群 吴胜兴

建筑
结构
新
进
展

知识产权出版社
中国水利水电出版社

JIAN ZHU JIE GOU XIN JIN ZHAN

建筑结构新进展

主编 刘伟庆 李爱群 吴胜兴



知识产权出版社
www.cnipr.com

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



内容提要

本书收录了关于现代建筑结构工程上的新技术、新发展及新材料等方面的论文 50 篇,内容涉及我国目前在新型砌块、复合木结构、计算方法的分析、碳纤维加固以及对建筑抗震等方面的研究。各项研究成果比较全面地反映了目前国内这些领域的最新动态及进展,可供建筑结构、城市建设等相关专业的研究人员以及技术人员和相关专业的研究生参考。

选题策划: 南京城市节奏科技有限公司

责任编辑: 张宝林 阳 森

编辑加工: 敖三妹 丁亚华 刘 进

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构新进展/刘伟庆、李爱群、吴胜兴主编. 北京:知识产权出版社:中国水利水电出版社,2003.11
ISBN 7-80011-913-0

I. 建… II. ①刘…②李…③吴… III. 建筑结构-文集 IV. TU3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 099483 号

建筑结构新进展

南京城市节奏科技有限公司 策划

主编 刘伟庆 李爱群 吴胜兴

知 识 产 权 出 版 社 出 版 发 行 { 北京市海淀区马甸南村 1 号; 传真: 010-82000893
中国水利水电出版社 { 北京市西城区三里河路 6 号; 电话: 010-68331835 68357319 }

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂

787mm×1092mm 16 开 18.75 印张 445 千字

2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印数: 0001—1300 册

定价: 42.00 元

ISBN 7-80011-913-0

—TU—086—1169

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题,可寄知识产权出版社营销中心调换

(邮政编码 100088, 电子邮件: oj@cnipr.com, yangsanshui@vip.sina.com, z_baolin@263.net)

為江蘇省土建學子之建築結構鋼結構和結構
構架宜加因專業負責之不可遺棄結構師
道廣研討之也

三峽工程世領先長虹建
設早爭傳南橋樓宇居前
列罕記吾儕任永賁

丁大鈞謹頌

二〇〇二年十月十日

於東南大學

建筑结构新进展学术研讨会

顾问委员会 丁大钧 吕志涛 林醒山 周 氏 宰金珉
何若全 高本立 宋绍铭 鲁宗懋

学术委员会

主任 李爱群

委员 (按姓氏拼音字母排序)

艾 军 仓慧勤 曹平周 曹双寅 陈国兴
陈忠汉 戴雅萍 董 军 樊德润 方 秦
顾 强 李 剑 李 琪 李延和 刘伟庆
陆根发 舒贻平 孙宝俊 孙伟民 汪 杰
王 华 吴胜兴 徐曙明 许锦峰 燕国强
周国庆 左 江

组织委员会

主任 刘伟庆

委员 陈国兴 董 军 李鸿晶 胡夏闽 叶燕华
王滋军 刘 进 陆伟东

前 言

为庆祝江苏省土木建筑学会成立 50 周年,暨土木工程教育委员会、钢结构专业委员会、结构鉴定与加固专业委员会的成立,增进建筑结构领域学者、专家、工程技术人员之间的学术交流,经研究决定于 2003 年 11 月 29~30 日在南京工业大学召开“建筑结构新进展学术研讨会”。会议的研讨主题包括混凝土结构、钢结构、组合结构、防灾减灾、结构鉴定与加固、工程结构设计等方面的理论分析、试验研究、计算与设计方法等。

为了开好这次会议,成立了以刘伟庆教授为主任的会议组织委员会,董军教授和王滋军副教授主持了会议征文及论文集的审编工作。会议征文得到了省内有关高校、科研院所和设计单位的积极响应,共收到论文摘要 80 余篇、论文全文 60 余篇。经会议学术委员会审查,50 篇论文被收入会议论文集。

我国著名结构工程专家、东南大学丁大钧教授在百忙中为会议撰写了论文,并且为会议的召开专门题词,表达了老一辈专家对我国土木建筑事业兴旺发达的赞誉和对年轻一代学者的勉励。

在论文集的编辑过程中,得到了知识产权出版社、中国水利水电出版社及其华东编辑部的热情支持。由于时间紧迫,工作水平有限,论文集中难免有疏漏或错误之处,敬请批评指正。

江苏省土木工程教育委员会
江苏省土木建筑学会建筑结构专业委员会
江苏省土木建筑学会钢结构专业委员会
江苏省土木建筑学会结构鉴定与加固专业委员会

2003 年 10 月

目 录

前 言

1	小型混凝土空心砌块在我国的应用与发展	丁大钧
8	预应力混凝土空心砌块墙体在低周反复水平荷载作用下的试验研究 叶燕华 孙伟民 郭樟根 胡晓明	
14	粘滞阻尼墙的研究与应用	徐赵东 李爱群
18	现代复合木结构及其工程应用	杨会峰 刘伟庆
25	转换层厚板施工期温度裂缝控制技术仿真模拟	易仁来 吴胜兴
32	树脂混凝土-钢板加固组合梁力学性能数值模拟研究	吕恒林 秦海兰 周淑春
38	动剪力 Biggs 计算方法精度的分析	方 秦 郭 东 张亚栋 柳锦春
44	夹芯叠合板面内剪切刚度的试验研究 ... 陈忠汉 刘 强 朱茂存 殷志文 孙 荣	
49	旧桥加固技术进展	张丽芳 艾 军 杨 杰
54	东大迪普 (SEU-DEEP) 结构加固设计软件系统的开发	孙宝俊
60	防空洞上建筑的地基承载力分析及试验研究	陈忠范 封建军 凤羽佳
67	半刚性钢-混凝土组合节点抗震性能研究概述	杨 丽 胡夏闽
74	结构静力弹塑性 (push-over) 分析研究	宗德玲 李鸿昆
80	工人影剧院的改造技术	李 琪 殷 波 唐炳全 朱卫东
85	EVG-3D 新型墙材 1/6 比例住宅模型的抗震性能试验研究 刘 雁 施卫星 邹筱静 周开富 余晨岗	
93	中高层大开间钢筋混凝土异形柱框架结构研究 汪 杰 徐 澄 刘伟庆 王滋军	
99	偏位、倾斜工程桩在工程中的承载力评估	魏大平
107	宿迁市府苑小区综合楼隔震设计	王曙光 刘伟庆 曾 波 葛 卫
115	碳纤维加固钢筋混凝土梁的研究	王滋军 刘伟庆
123	结构动力分析中的阻尼模型研究进展	丁幼亮 李爱群
129	轻骨料混凝土局部承压试验研究简介	刘 强 孙 敏 朱聘儒
133	关于结构类型对粘滞阻尼支撑减震效果的影响性研究 ... 陆伟东 陈 瑜 刘伟庆	
139	混凝土小型空心砌块约束砌体抗震性能研究	李利群 刘伟庆 蓝宗建
145	钢框架结构静力弹塑性分析 (push-over) 及计算实例 ... 凌 云 黄炳生 孟伟华	
151	碳纤维及其在土木工程中的应用	邵劲松 刘伟庆
158	桩、土共同作用的两种途径与设计	沈 伟
164	NK 系列粉刷石膏材料特点及工程应用	杨江金 张菁燕 尹哲学

169	近海地区“双掺”高性能混凝土桥的耐久性初步研究 马希和 平树江 蔡长松 吴晓锁 吕田丰 朱方之
176	高温高湿高压环境中大体积粉煤灰混凝土水闸墙的配合比设计和现场实测 吕恒林 杨思光 朱方之 吕田丰 王 玮
181	剪切型平面框架结构的随机地震反应分析 朱士云 李鸿晶
185	粘滞阻尼支撑对结构类型的适用性研究 陈 瑜 刘伟庆 陆伟东
192	剪力墙结构温度作用分析及裂缝控制技术 张丽华 吴胜兴
199	烧结页岩模数多孔砖砌体局部受压试验研究 杨兴富 孙伟民 叶燕华 李利群
204	混凝土动力特性数值仿真分析研究综述 赵丽红 周继凯 陈礼和
211	大面积混凝土地面的伸缝与缩缝 严大瑗
213	大面积楼板结构正常使用期间温度裂缝控制研究 魏 敏 吴胜兴
219	不等端弯矩作用下压弯构件弯矩放大系数的讨论 贾照远
224	高层建筑地下室侧墙温度场仿真分析 李晓春 吴胜兴
229	特厚表土中钢板混凝土井壁承载性能数值模拟研究 李靖华 刘宏伟
236	超长钢筋混凝土框架结构季节温差作用分析 康 庆 吴胜兴
243	人造板在建筑业的应用初探 刘 雁 周定国 环志中
249	型钢混凝土柱若干问题的探讨 陈丽华 李爱群
254	某工程桩基检测分析及事故处理 赵艳秋
259	钢结构技术在旧城更新中的应用研究——以扬州某街坊改造方案为例 张建新 刘 雁 周开富 邹小静
265	某集团办公楼的检测与鉴定 权爱民 龙帮云
269	强夯法处理钢渣堆场的试验研究 康 旭
273	冷弯薄壁型钢有效宽度法的介绍及其在我国新旧规范中的对比 张雪姣
277	弯剪作用下高强螺栓数目的计算设计 于 雷
281	受压细长杆在地震作用下的承载力分析 马 巍
286	江苏永益铸管股份有限公司新厂区开发环境的模糊综合评价 程 宙 朱靖华

小型混凝土空心砌块在我国的应用与发展

丁大钧

(东南大学, 南京, 210096)

【摘要】 以诗代摘要。诗曰:

小型砌块较砖大, 因是空心自重轻。

只需机制非烧结, 多处高楼已建成。

【关键词】 小型混凝土空心砌块; 模卡砌块; 孔洞率; 高层建筑; 夹芯墙

一、引言

从1886年美国第一份生产空心砌块的专利证书算起, 至今已有130多年历史。据考证, 1923年小型砌块从美国传到我国, 当时在上海曾建造了1万多 m^2 三层住宅建筑。1945年以后, 我国开始引进美国生产设备生产小型砌块。我国自行设计、生产应用小型砌块则是在20世纪60年代中期。小型砌块被大量生产和广泛应用却是从20世纪80年代开始的。

1996年全国砌块总产量为2500万 m^3 , 每年以20%速度递增, 1998年统计年产量已达3500万 m^3 , 建筑总面积达8000万 m^2 , 估计2002年可达8000万~10000万 m^2 , 建筑总面积可达18000万~22000万 m^2 。我国有近180个大中城市到2003年6月30日将完全禁止使用实心砖(禁实), 这必将使混凝土砌块建筑得到进一步发展。

在我国, 经过试采用各种型式砌块后, 包括中型混凝土空心砌块, 现在的趋势主要是发展小型混凝土空心砌块。

砌块砌体具有下列主要优缺点。

(1) 优点 主要优点有节土、节能; 承载力高, 有相同强度等级的块材和砂浆的砌块砌体强度为砖砌体强度的1.5~1.8倍; 因系空心, 自重轻; 施工因墙厚度较标准砖薄而节约结构面积, 同时砌块厚度较砖厚为大, 因而砌筑速度快等。

(2) 缺点 砌块墙体(未灌混凝土芯)的抗拉、抗剪强度约为砖砌体的 $1/2 \sim 1/3$, 故较易开裂; 砌块墙竖缝高较砖墙大3倍; 应力集中现象较突出; 干缩率较大, 且使用中淋雨会产生第二次收缩, 为第一次干缩的80%, 故易产生干缩裂缝; 一般裂缝分为受力裂缝和变形裂缝, 后者约占房屋裂缝80%~90%。为了防裂, 砌块需在厂内停放48天, 如淋雨还要再停48天; 墙面抹灰需从下向上使墙面有一定干燥时间; 在设计上: 顶层两端应加强, 端部窗口两侧设芯柱; 设通长窗台梁, 端部窗间墙用水平钢筋网加强, 温度缝间距较砖墙减小至0.7~0.8; 加强顶层现浇钢筋混凝土圈梁布置密度, 内外墙拉通, 加大圈梁截面并在梁下砌体(房屋两端, 适当设置水平筋; 增大基础圈梁刚度; 平屋顶屋面防水层下找平层在夏天日晒下变形大, 易使墙体和女儿墙开裂, 应设分格缝 $6\text{m} \times 6\text{m}$, 用胶泥堵缝防漏, 与女儿墙交接处应断开20~30mm, 设沥青麻刀堵缝等措施。此外, 必要时还可在屋盖板设

滑动层，墙面设控制缝以更为有效地放松温度变形的措施。

二、小型混凝土空心砌块

常用的类型如图 1 所示，标准块 K1 尺寸长×宽×高为 390mm×190mm×190mm^[1]（孔洞率为 50.7%），而 K2、K3 和 K4 则为辅块，X1、X2 为可设水平钢筋（或安装管线）的块。

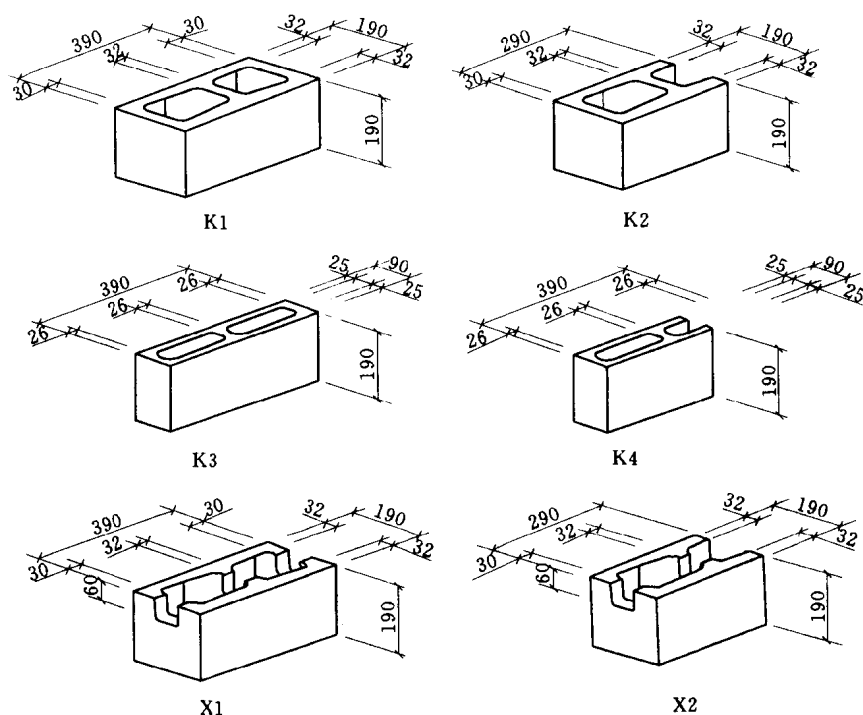


图 1 小型混凝土空心砌块

也有将孔洞置于砌块中间，两侧则设半孔洞，在砌成后两凹槽构成竖缝，于其中灌浆，对抗透风和隔热、隔声有利。当中间为单孔时，长为 390mm；为双孔时，则为 590mm。

三、小型混凝土空心砌块建筑

1983、1986 年广西南宁市即已建成 10 层配筋砌块住宅楼和 11 层办公楼试点房屋，但砌块是人工振捣成的，不能大量生产，因此也无法推广。

此后引进了国外砌块成型机，使小型混凝土空心砌块生产机械化和工厂化，在我国建造了大量多层砌块居住建筑。

图 2 为北京建成的多层砌块房屋^[2]。比较指出多层砌块墙房屋较砖墙房屋造价约高 5%~10%，但砌块房屋由苯板复合外墙构成，其保温性能达到我国要求 50% 墙体节能指标，而厚 490mm 砖外墙则不符合。12 层或 18 层砌块房屋造价较钢筋混凝土框架剪力墙房屋低 5%~10%，甚至达 15%。因不需模板，施工速度加快。辽宁盘锦市一栋 15 层配筋砌块试点楼，建筑面积 7000m²，和混凝土框架结构比较，造价降低 18%，节约钢材约 42%，

施工进度平均每 5 天 1 层，较砌粘土砖快 1 倍。

上述盘锦 15 层配筋砌块剪力墙试点住宅楼，砌块是从美国引进的成型机生产的，砌块强度达 MU20。

图 3 为在上海园南新村内建成的 18 层配筋砌块剪力墙塔楼，高 51.6m（至女儿墙顶），砌块也是用引进的美国设备生产的。墙厚 190mm，采用小型高强混凝土砌块和高强砂浆砌筑，对孔配筋，在块的凹槽内配制水平钢筋（2~3 ϕ ），在所有墙段隔皮设置，所有孔洞都填实混凝土。在内外墙连接处（纵墙中 5 个砌块，横墙内 2 个）、转角处（共 5 个砌块）、墙端部（窗间墙处，3 个砌块）设暗柱，其中设置竖筋（1 ϕ ）、水平箍筋，在一般墙段内，隔孔设置。试验表明这种纵横配筋，竖向和水平的混凝土均贯通的墙体具有良好的抗压、抗弯、抗剪承载力和延性，其在破坏试验时均呈弯曲变形破坏^[3]。



图 2 北京多层砌块房屋
(工程照片由唐岱新教授提供)

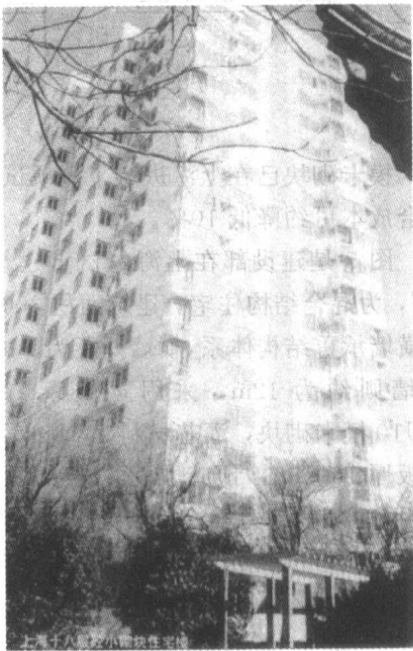
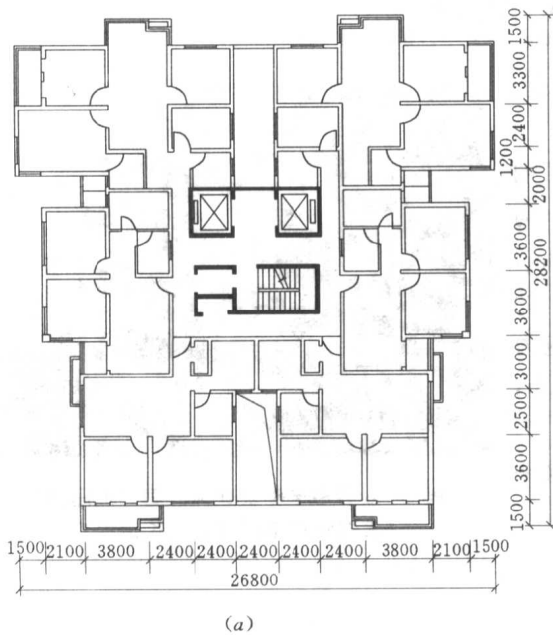


图 3 上海 18 层配筋砌块剪力墙塔楼 (工程照片由唐岱新教授提供)

四、模卡砌块和建筑

图 4 是由上海市房屋建筑设计院和上海钟宏科技发展有限公司发展和应用的新型模卡

混凝土砌块 (interlocking concrete block)^[4]。模卡砌块的上下左右均设有榫头, 榫头是由内外壁板厚度 (40~43.6mm) 一分为二, 凸出和凹进构成的。用于砌窗间墙和端墙和平口块尺寸及单块重量和主砌块相同, 另还制作了 1/2 主砌块和 1/2 平口块以便砌墙搭缝, 其单块重量为原块重的一半, 自承重隔墙尺寸为 400mm×120mm×200mm 和相应的平口块以及 1/2 块和 1/2 平口块, 整块单重为 11.6kg。砌筑时不用砂浆而靠凸凹榫镶砌, 形成连锁, 竖孔和水平孔均可配筋, 用专门配制的轻集料混凝土全部密实灌浆, 形成整片砌体墙不仅墙面垂直平整, 不易走动, 且解决了渗漏水问题, 也有利于抗裂和抗震。砌块平均抗压强度为 15.6MPa, 灌浆材料平均抗压强度为 8.6MPa, 砌体平均强度可达 10.4MPa, 为砌块强度 67% 和灌浆强度 120%。抗剪强度大大高于小型砌块砌体, 一般超过砖砌体。模卡砌体隔声指数达 50dB, 较小型砌块砌体好, 达到一级分户墙的隔声要求。设计时, 对顶层墙体, 每隔 1.2~1.6 模卡砌块大孔内插 1 ϕ 12 钢筋作芯柱, 改善因顶层温差大易出裂缝的问题。门窗洞口二侧第一孔内插 1 ϕ 12 钢筋加强, 窗台处在水平槽内加设 2 ϕ 8 钢筋; 当作填充墙时宜在梁、柱与墙体界面处增设钢丝网进行粉刷。

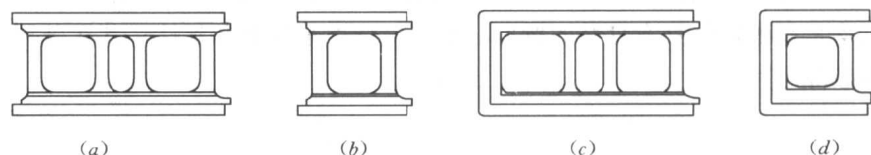


图 4 模卡砌块

(a) 主砌块; (b) 1/2 主砌块; (c) 平口块; (d) 1/2 平口块

模卡砌块已在上海进行了数项试点工程, 综合成本可约降低 10%。

图 5 是建设部在上海的试点建筑“汇丽苑”, 为混合结构住宅, 建筑面积 3000m², 为纵横墙承重结构体系, 横墙间距为 7.6、7.8m, 纵墙则约为 12m, 采用宽度为 190mm 的 MU10 模卡砌块, 灌芯材料为 Mb10, 预应力楼板厚 160mm, 预应力现浇楼板厚 190mm, 采用 C30, 预应力采用后张无粘结钢绞线。为了提高试点项目的安全性进行了竖向和水平荷载试验^[4,5]。



图 5 6 层模卡砌块建筑上海“汇丽苑”
(工程照片由顾陆忠院长提供)

五、砌块夹芯墙

砌块夹芯墙即砌块空腔墙, 是用于寒冷地区的外墙砌体, 它分别用 90mm 厚和 190mm 厚小型混凝土空心砌块作外 (围护)、内叶墙, 中间留有 100mm 空腔, 其间填充 80mm 厚苯板。内、外叶墙间设置竖向间距为 400mm 且经防锈处理的 ϕ 4 钢筋网片拉结, 以保证外叶墙的稳定^[6]。

哈尔滨阿继科技园在修建了 13 层配筋砌块房屋后, 接着建成地上 18 层 (地下 1 层)、

A、B 栋总高度为 62.5m（至 18 层女儿墙顶）、总建筑面积约为 28483m² 的高层住宅（图 6）。从标准层（6 层）起为双塔式结构。1~5 层因考虑商业用途需要大空间而采用现浇钢筋混凝土框-剪结构，7~18 层为配筋砌块剪力墙结构。结构最大开间尺寸为 8.4m×9.0m，楼板采用无粘结预应力现浇板，板厚度 180~200mm。承重砌块墙体全部注芯，内墙厚 190mm，外墙采用上述夹芯墙^[6]。



图 6 哈尔滨 18 层砌块夹芯墙高层建筑
（工程照片由唐岱新教授提供）

砌块剪力墙水平钢筋配置在砌块水平凹槽中，竖向钢筋配置在砌块的竖向孔洞中央。各层材料分别示于表 1 和表 2。

表 1 配筋砌体材料强度

层数	砌块	砂浆	注芯混凝土
7~12	MU20	M20	Mb40
13~14	MU20	M15	Mb40
15~16	MU15	M15	Mb40
17~18	MU15	M15	Mb30

注 外叶墙体采用 MU10 和 M10。

表 2 配筋砌块墙配筋构造

层数	水平钢筋	竖 向 钢 筋	
7~10	2 Φ14@400	外叶墙	1 Φ16@200
		内叶墙	1 Φ18@400
11~14	1 Φ18@400	外叶墙	1 Φ16@200
		内叶墙	1 Φ16@400
15~18	1 Φ16@400	外叶墙	1 Φ16@200
		内叶墙	1 Φ16@400

在寒冷地区如我国吉林、黑龙江两省原采用火山渣、浮石、陶粒混凝土砌块双排或多排组砌墙^[7]。

六、有关规范和规程

近些年来我国高校和科研单位对未灌芯和灌芯以及配筋的小型混凝土空心砌块砌体基

本力学性能进行大量的试验研究, 包括对砌块砌体剪力墙和连梁的研究, 也进行了一些动力试验, 在这些方面湖南大学、哈尔滨工业大学、广西建科院、辽宁建科院、同济大学、东南大学和沈阳建工学院等都进行有关的试验研究^[8~13]。除混凝土砌块外, 还进行了火山渣、浮石、陶粒混凝土砌块砌体强度的试验研究。根据这些研究, 在新颁布的《砌体结构设计规范》(GB50003—2001)^[7]中增订修改原规范 GBJ3—88 的有关条文, 并增加了“配筋砌块砌体构件”一节(第 9 节), 具体规定了正截面受压和斜截面受剪承载力的计算和配筋砌块砌体剪力墙构造规定; 另在“砌体结构构件抗震验算”一节(第 10 节)增加了“配筋砌块砌体剪力墙”承载力计算和构造规定。这对推广和发展砌块砌体起了指导和促进作用。

例如规范 GB50003—2001 中规定单排孔对孔砌筑灌孔砌块砌体抗剪强度按下式计算^[7]:

$$f_{vg} = 0.2f_g^{0.55} \quad (1)$$

式中: f_g 为灌孔砌体的抗压强度设计值。

(1) 式是根据湖南大学 36 个试件和辽宁省建科院 66 个试件的试验资料, 回归分析给出抗剪强度平均值^[9]:

$$f_{vg,m} = 0.32f_{gm}^{0.55} \quad (2)$$

试验值 $f_{vg,m}$ 与按 (2) 式计算值之比为 1.061, 变异系数为 0.235; 抗剪强度设计值 $f_{vg} = 0.208f_g^{0.55}$, 简化为 (1) 式。

又如给出砌块柱的构造, 图 7 示配筋砌块柱的构造。当轴向荷载较小时, 可仅在孔洞中配置竖向钢筋而不需配置箍筋, 和现浇钢筋混凝土柱比较, 砌块柱施工方便, 并节省模板, 在国外应用很普遍。当轴向荷载较大时, 则可按钢筋混凝土柱方式设置构造箍筋。这种柱尤其适用于清水墙砌块建筑^[7]。

1995 年中国颁布了《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》(JG/T14—95), 现在正修订中。

在黑龙江省(寒冷地区)还制订了地方标准《普通混凝土小型空心砌块夹心苯板复合墙体建筑技术规程》(DB23/T698—2001)。

七、展望

发展小型混凝土空心砌块对我国“禁实”工作将必然起到很大的促进作用, 这将加快建设速度和减少占用农田, 社会效益是巨大的, 但是普通混凝土的自重仍较大, 今后应加强有足够强度和耐久性的混凝土的进一步研究, 使其能在砌块中配筋, 在进一步加高的高层建筑中的应用更值得人们考虑。同时应尽量克服混凝土砌块砌体的缺点, 如更好地解决干裂问题。

参考文献

- 1 中华人民共和国行业标准. 混凝土小型空心砌块建筑技术规程 (JGJ/T14—95). 北京: 中国建筑工业出版社, 1995, 57

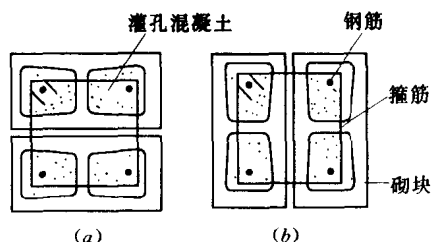


图 7 配筋砌块砌体柱截面示意图
(a) 下皮; (b) 上皮

- 2 唐岱新. 砌块建筑的发展和应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2001. 15
- 3 《住宅设计资料集》编委会 (陈德文主编). 住宅设计资料集, 2. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. 102
- 4 顾陆忠. 混凝土模卡砌块. 住宅科技, 2002 (5)
- 5 上海市房屋建筑设计院. 混凝土模卡砌块在汇丽苑“土建装修一体化住宅”科研项目中应用小结, 2003. 13
- 6 翟希梅, 姜洪斌, 唐岱新, 潘景龙. 哈尔滨阿继科技园 18 层高层住宅配筋砌块剪力墙结构设计. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2002. 4
- 7 中华人民共和国国家标准. 砌体结构设计规范 (GB50003—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 151
- 8 杨伟军, 施楚贤. 灌芯砌体的变形性能试验研究. 建筑结构, 2002. 32 (2): 60-62
- 9 施楚贤, 谢小军. 混凝土小型砌块砌体受力性能. 建筑结构, 1999. 29 (3): 10-12, 43
- 10 杨伟军, 施楚贤. 灌芯混凝土砌体抗剪强度的理论分析和试验研究. 建筑结构, 2002. 32 (2): 63-65, 72
- 11 全成华, 唐岱新. 高强砌块配筋砌体剪力墙抗剪性能试验研究. 建筑结构学报, 2002. 23 (2): 79-82, 86
- 12 姜洪斌, 唐岱新, 张洪涛. 配筋混凝土小砌块剪力墙承载力试验研究. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学学报, 2001. 34 (3): 30-34
- 13 翟希梅, 唐岱新. 混凝土小型空心砌块空腔墙体的恢复力试验研究. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学学报, 2001. 34 (6): 26-31

预应力混凝土空心砌块墙体 在低周反复水平荷载作用下的试验研究

叶燕华^① 孙伟民 郭樟根 胡晓明

(南京工业大学土木工程学院, 南京, 210009)

【摘要】 通过预应力混凝土空心砌块墙体在低周反复水平荷载下的试验,研究了预应力砌体的破坏形态、开裂荷载与极限承载力、滞回曲线与耗能、骨架曲线与变形等特性。试验研究表明,预应力砌体可有效地提高混凝土空心砌块墙体的延性、开裂荷载与抗剪承载力,从而改善了砌体结构的抗震性能。

【关键词】 预应力砌体;混凝土空心砌块;低周反复水平荷载;抗震性能

随着我国日益加大限制使用实心粘土砖,推广新型墙体材料应用的进行,混凝土空心砌块以其节能、环保的独特优点正逐渐成为替代烧结粘土砖广泛应用于我国住宅建筑的一种新型墙体材料。但由于混凝土空心砌块砌体的抗剪、抗拉强度较低,导致混凝土砌块砌体房屋的抗裂、抗震性能较差,影响其进一步推广使用。本课题拟通过对混凝土空心砌块墙体施加预压应力,实现提高混凝土空心砌块砌体抗裂、抗震性能。

预应力混凝土空心砌块砌体是指在墙体砌块的孔洞中置放竖向预应力钢筋,通过墙顶圈梁对混凝土空心砌块砌体产生预压应力。预应力钢筋通过的竖向孔洞不灌浆,从而形成后张无粘结预应力墙体^[1~4]。试验通过6片混凝土空心砌块预应力砌体墙和1片非预应力砌体墙的对比,在低周反复水平荷载作用下,研究了预应力砌体的破坏形态、开裂荷载、极限承载力、变形能力及耗能能力^[5]。试验研究表明,预压应力可有效地提高混凝土空心砌块墙体的开裂荷载、抗剪承载力和墙体的刚度,改善了砌体结构的变形、延性、耗能等抗震性能。

一、试验简介

本试验制作了预应力混凝土空心砌块带窗洞墙6片,非预应力砌体对比墙1片。墙宽2400mm,高1800mm,墙体两边设置宽200mm的构造柱,墙顶设高200mm的圈梁,具体尺寸如图1所示。试验墙体采用混凝土空心砌块的基本尺寸,不缩尺,主规格尺寸为190mm×190mm×390mm。试件采用了两批强度不同的砌块,W-1、YW-1、YW-2、YW-3、YW-4和YW-5、YW-6分别采用第一批和第二批。试件材料性能指标见表1。浇筑底梁时预埋预应力钢筋和构造柱钢筋,预应力钢筋采用直径为18mm的HRB400,设置在砌块的竖向孔洞中不灌浆,采用后张法施加预应力,并由预应力钢筋上的电阻应变片测得所加预应力大小。

* 基金项目:江苏省科技厅资助(项目号:BS2000102)

(1) 叶燕华(1956~),女,汉族,副教授,主要从事工程结构的教学和研究工作。

表 1

试验墙体材料性能指标

材 料	砌块抗压 (MPa)	砌 体		混凝土	钢 筋		
		抗压强度 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	预应力钢筋 (MPa)	构造柱钢筋 (MPa)	
第一批试件	3.2	2.85	0.12	22.07	f_{yk}	540	350
第二批试件	7.5	4.6	0.136	23.12	f_{uk}	680	580

试验采用无竖向荷载的悬臂式加载装置,如图2所示。水平荷载由电液伺服加载系统施加。试验时,在墙体开裂前按荷载值控制加载,每级20kN,临近开裂时,改为每级10kN的加载级差,当试件位移达到1mm时,改用位移控制加荷,级差1mm,每级循环三次,直至水平荷载下降到极限荷载的85%时,终止试验。

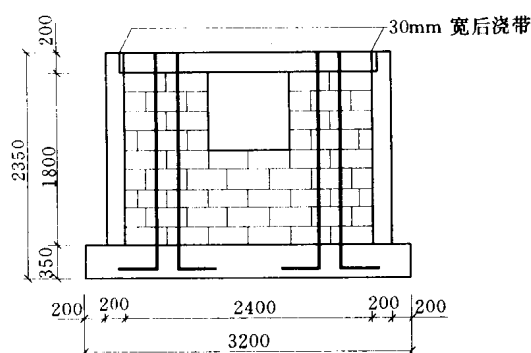


图 1 墙体尺寸

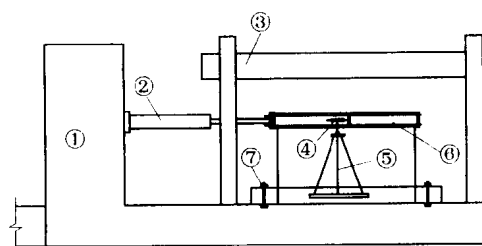


图 2 试验装置示意图

- ①—反力墙; ②—作动器; ③—竖向加载架;
④—位移传感器; ⑤—表架; ⑥—螺杆;
⑦—地脚螺栓

墙体裂缝的分布和破坏时的裂缝形状,由墙顶圈梁中部安装50mm量程的位移传感器量测水平位移,接X—Y函数记录仪,记录墙体荷载-位移曲线。

二、试件受力特征和抗震性能

1. 破坏形态

在水平荷载作用下,预应力砌体墙和非预应力砌体墙有着不同的破坏形态。非预应力砌体墙的主要破坏特征为:在水平荷载大约60kN时,裂缝首先在窗间墙沿水平灰缝处出现,并沿灰缝迅速发展,此时墙体位移迅速增大,随着荷载增加,墙体裂缝沿水平和竖向贯通,缝宽不断加大,产生明显的X交叉状,反向加载时裂缝不能完全闭合,产生错动;再继续加载,裂缝在窗底的位置贯通至构造柱,墙体达到极限承载力后墙体几乎完全退出工作,由构造柱独立承担水平荷载。非预应力砌体墙破坏时的裂缝分布如图3所示。

预应力砌体墙的主要破坏特征如下:在水平荷载超过100kN时,在窗底中央或窗角处沿竖向灰缝产生第一条细微的裂缝,裂缝开展缓慢,随着水平力的增加,和非预应力砌体墙一样,在窗间墙上沿水平灰缝出现裂缝;继续加载时沿着灰缝连通形成X交叉裂缝;裂缝细而密,几乎布满了墙体,表明预应力砌体墙受力均匀,材料性能得到了充分发挥;卸载时裂缝重新闭合;在往复荷载作用下,墙体沿灰缝发生滑移和错动,并随着循环次数的增加而积累,从而导致墙体位移的“迭移”与裂缝的“迭裂”^[6]。窗间墙上的砌体在剪压复合作用下,少量砌块被压碎并和砂浆一同掉落;随着裂缝延伸至构造柱,墙体达到极限承