

空斗墙房屋鉴定流程与加固方法解析

张莉

江苏省建筑工程质量检测中心有限公司, 江苏 南京 210028

[摘要] 由于上世纪我国经济发展水平和工程技术水平的制约, 当时修建了大量的砖石结构房屋, 尤其是在生产条件较为落后的农村地区, 基本采用空斗墙和预制楼板建造房屋, 基于多次地震受灾情况的统计分析, 空斗墙房屋在地震过程中存在大量的墙体倾倒、预制楼板掉落现象, 导致了较多的人员死伤, 同时带来巨额的经济损失。目前空斗墙房屋的存量依旧很大, 相关鉴定、加固方法的研究, 对于空斗墙房屋的后续安全使用具有重要意义。文章结合工程案例, 对这类结构的鉴定过程和加固方式进行解析, 以供同类工程参考。

[关键词] 空斗墙; 抗震; 鉴定; 加固

DOI: 10.33142/aem.v5i1.7830

中图分类号: TU352.11

文献标识码: A

Analysis of Appraisal Process and Reinforcement Method of Empty Bucket Wall Building

ZHANG Li

Jiangsu Testing Center for Quality of Construction Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210028, China

Abstract: Due to the restriction of Chinese economic development level and engineering technology level in the last century, a large number of masonry buildings were built at that time, especially in rural areas with relatively backward production conditions, which were basically built with empty bucket walls and prefabricated floors. Based on the statistical analysis of many earthquake disasters, a large number of wall toppling and prefabricated floor falling occurred in the empty bucket wall houses during the earthquake, resulting in many deaths and injuries, and huge economic losses. At present, the stock of empty bucket wall houses is still large, and the research on relevant identification and reinforcement methods is of great significance for the subsequent safe use of empty bucket wall houses. Combining with engineering cases, this paper analyzes the identification process and reinforcement method of this kind of structure for reference of similar projects.

Keywords: empty bucket wall; anti-seismic; appraisal; reinforcement

引言

空斗墙结构作为一种历史悠久的墙体砌筑形式, 常见于我国农村地区, 这是一种采用侧向砌筑砖块(又称斗砖)或侧向与水平方向(又称眠砖)交替砌筑组成的空心墙体, 根据侧向与水平方向砌筑砖块的层数, 分为全空斗墙、一眠多斗(一斗、二斗、三斗等)砌筑形式, 使用错缝砌筑工艺^[1], 详见图 1、图 2。空斗墙取材方便、造价低、施工简单, 具有自重轻、隔声、阻热等优点。同时空斗墙对砖块的外观质量要求很高, 不得缺棱掉角, 墙体的牢固性较差, 容易开裂, 受压承载力较低。

20 世纪 70 年代起, 科研人员对空斗墙体进行调查和试验研究, 总结了过往自建房的建设经验, 制定了空斗墙结构的相关技术标准, 在空斗墙的楼板底部砖墙处设置混凝土圈梁, 门窗洞口上方布置过梁, 窗台下方及纵横墙交接处采用实砌形式, 采用现浇楼盖和屋盖等形式提高房屋的整体性, 对空斗墙性能进行了有效改善。李炯粟、郭樟根、赵磊等^[2]提出空斗墙固定钢筋网的抗剪销钉节点做法, 同时采用钢筋砖圈梁对空斗墙顶部加固; 张双科^[3]采用一种延性较高的纤维混凝土代替水泥砂浆加固空斗墙, 通过试验研究加固后墙体的抗剪切能力; 周铁钢、张再昱、邓

明科等^[4]对 ECC 材料与空斗墙约束后的特性进行研究; 李建根^[5]通过试验研究了不同潮湿环境下空斗墙的力学特性和裂缝情况。

因经济发展和房屋使用寿命的原因, 现存空斗墙房屋多为上世纪八九十年代建造。一方面由于建筑功能的改变, 改建、扩建、加层的楼房屡见不鲜; 另一方面, 为了保证房屋的安全使用, 现行规范在鉴定这类房屋时, 从荷载取值、调整系数等诸多方面提高了要求, 超过了建造时的标准, 导致现存空斗墙房屋的安全性和抗震性能未达到现行规范的要求, 因此, 针对这类房屋的鉴定流程和加固方法的研究具有重要的意义和广阔的前景。

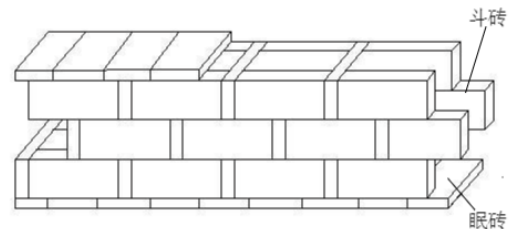


图 1 空斗墙示意图



图2 典型空斗墙砌筑方式

1 工程概况

江苏某幼儿园建于1991年，为地上二层混合结构建筑，主要由空斗墙、混凝土柱、混凝土梁承重，底层窗台以下墙体采用“烧结粘土八五转+混合砂浆”实心砌筑，其余墙体采用“烧结粘土八五转+混合砂浆”空斗砌筑，每层眠砖上部砌筑3层斗砖，各楼层空斗墙体顶端采用4层眠砖进行砌筑，搁置楼面板和屋架。该房屋采用6片横向承重墙体，纵向墙体上布置较多的门窗洞口，楼面采用预制板，东西向搁置，屋面由“角钢屋架+水泥檩条+木椽条+望砖+瓦”构成，纵向总长34.42m，横向宽8.87m，产证面积约610m²，教室地面高于室外地坪0.3m，首层高4.2m，顶层高3.6m，总高7.8m，该房屋无图纸资料、施工资料，建造各方主体名称不详，该房屋立面及建筑布局详见图3~4。



图3 南侧外观照

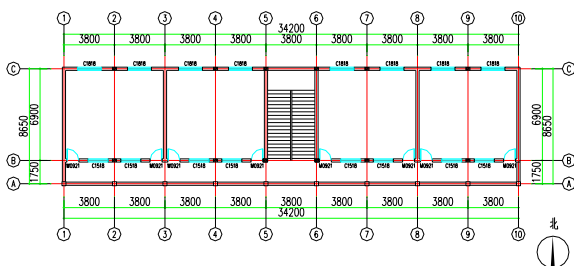


图4 首层、顶层建筑布局图

2 现场检测

2.1 地基基础调查与检测

现场未见地基存在不均匀沉降现象，地基未见明显扰动，随机开挖2处墙体基础进行检测，经检查，该房屋采用墙下条形基础，实心砖砌筑，大放角形式，基础埋深

1.2m，宽680mm，有地圈梁和防潮层。

2.2 上部承重结构调查与检测

现场对该房屋结构布置、开间、进深、层高进行检测，绘制平面布置图，详见图4所示，该房屋未见明显拆改、夹层、加层痕迹，未见明显加固痕迹，房屋现场检查时作为幼儿园教室使用，室内未见垫高、堆载等荷载超限现象，屋顶无水箱、太阳能等设备荷载，墙体在楼层处及檐口处设置圈梁，门窗洞口上方设置混凝土过梁，纵横墙交接处及楼梯间四角处设置构造柱，砖墙表面砂浆未见粉化现象，墙体未见破损，构造柱和墙体之间设置拉结筋，混凝土梁柱外观较好，未见混凝土破损、露筋现象，楼、屋面板未见开洞、露筋等破损现象，屋面木屋架普遍存在顺纹裂缝，木材未见腐朽、弯曲变形等现象，各层墙体垂直度、房屋整体倾斜满足规范要求。

3 空斗墙安全性鉴定

根据现场检查、检测结果，该房屋地基基础未发现明显沉降裂缝、变形等损伤现象，上部承重结构外观质量、结构整体性较好，结构侧向位移满足规范要求，尚需对承重构件的承载能力进行计算分析，进而综合评定该房屋结构的安全性。

3.1 计算原理

目前尚无针对空斗墙结构的计算软件，常按照规范方法手工计算，或采用PKPM软件模拟计算，常用两种实心墙体计算模型进行等效计算，即墙重等效法和承压面积等效法。墙重等效法是指通过调整计算模型种墙体材料容重，使每片墙体自重与空斗墙一致，根据实测砂浆、砖强度查阅建造当时设计规范，综合考虑墙体砌筑质量等不利因素，将空斗墙与实心墙砌体强度进行等效；承压面积等效法，是指通过调整计算模型墙体厚度，使每片墙体承压面积与空斗墙一致，根据实测砂浆、砖强度值查阅建造当时设计规范，得到实心墙砌体强度，综合诸多不利因素，与实心墙砌体强度进行等效；两种方法计算高厚比是按实际墙厚考虑，容许高厚比按空斗墙的限制采用^[6]。

3.2 计算分析

选用该房屋承重墙体5片，将墙侧局部装饰层清除干净，采用标准贯入法和回弹法对空斗墙体进行原位测量^[7]，经计算分析，该房屋空斗墙砌筑砂浆抗压强度2.5MPa~3.2MPa；砖抗压强度10.3MPa~12.5MPa。根据房屋目前的使用用途和构件现状，运用PKPM有限元软件对空斗墙房屋的承载力进行计算分析，相关参数和荷载信息详见表1。

表1 计算参数及荷载取值表

烈度	加速度	分组	设防类别	粗糙度	风压
6度	0.05g	第一组	乙类	B类	0.45 (kN/
分项系数	楼面活载	屋面活载	楼板自重	附加恒载	屋面恒载
恒1.3, 活1.5	2.0 (kN/m ²)	0.5 (kN/m ²)	2.5 (kN/m ²)	1.0 (kN/m ²)	2.5 (kN/m ²)

经查阅《砌体结构设计规范》GBJ 3-1988^[8]相关内容,该房屋空斗墙的抗压强度为 0.72MPa,采用墙重等效法将该房屋空斗墙折算成 MU10 实心砖墙进行等效计算,同时,将砂浆抗压强度折算成 0.55MPa,结果显示,该房屋首层部分横向承重墙和纵向窗间墙竖向承载力不符合有关规范要求,顶层空斗墙竖向承载力满足要求,计算简图详见图 5~6。

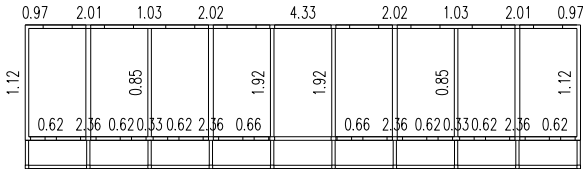


图 5 首层空斗墙竖向承载力简图

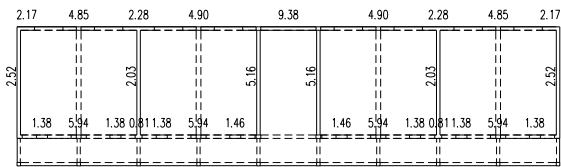


图 6 顶层空斗墙竖向承载力简图

4 空斗墙抗震鉴定

该幼儿园于 1991 年竣工,房屋后续寿命为 40 年左右,可按照 B 类建筑的要求进行抗震鉴定。当前该房屋所处区域的抗震设防烈度为 6 度,幼儿园教室作为乙类建筑,按 7 高要求进行抗震构造措施检查^[9]。

4.1 第一级鉴定

该房屋未修建在不利地形、地貌、地震带等环境,因此,不需要对该房屋地基基础与场地进行抗震性能鉴定。

该房屋当前鉴定结果如下:该房屋由砌体承重墙和混凝土构件混合承重,由于不同材料特性的差异,同一个结构单元应采用同一种结构受力体系;首层层高达 4.5m,超过 4.0,墙体平面外稳定性容易出现问题;纵向外墙端部到门窗洞口之间墙段的宽度为 0.8m,小于 1.0m,易造成墙段局压不满足要求^[10]。

4.2 第二级鉴定

该空斗墙房屋可选择横向承重墙体和纵向门窗间墙段,应用底部剪力法对各楼层空斗墙进行承载力计算;该空斗墙房屋部分构造措施达不到相关标准,综合现有的构造措施、检测;结果,运用 PKPM 鉴定软件对该房屋进行第二层次抗震性能鉴定,分析房屋的综合抗震能力^[11]。结果显示,该房屋首层部分外墙抗震承载力不满足要求,但综合抗震能力满足规范要求,具体计算参数详见表 2,抗震承载力计算结果详见图 7~8 所示:

表 2 抗震鉴定参数表

楼层	方向	A_{bi}	A_i	ξ_{0i}	λ	β_i	ψ_1	ψ_2	β_{ci}	结论
一层	横向	304.92	9.55	0.0295	0.7	1.11	1.0	1.0	1.00	满足
	纵向		4.01	0.0343338	0.7	1.28	1.0	0.9	1.28	满足
二层	横向	304.92	9.55	0.0154	0.7	2.14	1.0	1.0	1.93	满足
	纵向		4.01	0.0171	0.7	2.57	1.0	0.9	2.57	满足

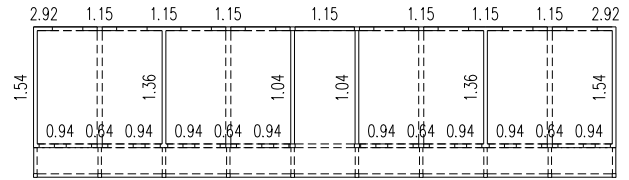


图 7 首层空斗墙抗剪承载力简图

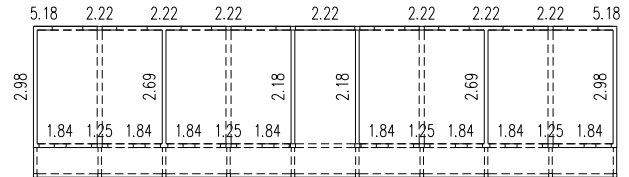


图 8 顶层空斗墙抗剪承载力简图

4.3 鉴定结论

(1) 该房屋部分横向承重墙和纵向窗间墙竖向抗压承载力比值小于 0.90 ($R/\gamma_0 S < 0.90$),不符合现行标准要求;

(2) 该房屋除底层层高、砖墙与混凝土构件混合承重、窗边段的最小距离不符合现行标准要求,其它构造措施均符合现行标准要求^[12];

(3) 该房屋底层较多门窗间墙段抗剪承载能力超限,但最终楼层抗震能力满足要求。

5 空斗墙房屋加固方案

根据该房屋鉴定结果结合房屋实际情况,采取相应措施对该房屋进行加固。空斗墙结构常用的加固形式是增大截面提高承载能力和改善构造措施,承载能力不足的横向承重墙体可采用双面点焊钢筋网片进行加固;纵向门窗间墙段采用排布双面竖向钢筋及拉结筋加固,墙面、墙体底部、门窗洞口、钢筋网片等关键节点及大样做法详见图 9~14 所示。

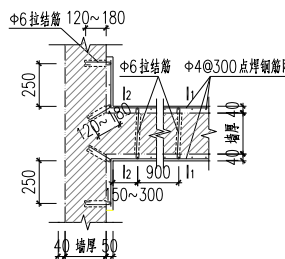


图 9 墙体双面加固图

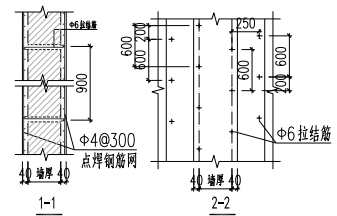


图 10 墙体双面加固详图

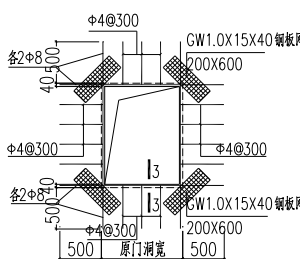


图 11 洞口加强示意图

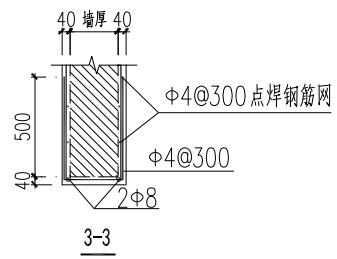


图 12 洞口配筋大样

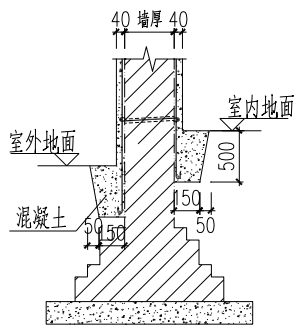


图 13 外墙底部做法详图

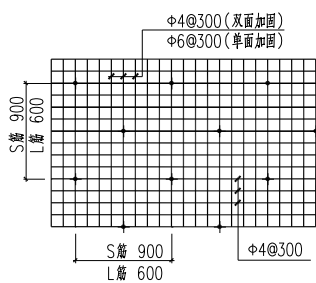


图 14 双面点焊钢筋网片图

5.1 加固机理

在墙体外侧、柱侧排布钢筋网、高性能水泥砂浆进行加固,由原构件砌体、新增砂浆面层、新增纵向钢筋共同受力^[13]。该方法操作简单、成本较低、可靠性好,适用于各种墙体以及柱抗剪、受压、抗震性能加固,同时也适用于修缮墙体裂缝。加固墙体和柱等抗压构件时,要求既有构件的砌筑砂浆强度大于等于 2.5MPa,加固梁构件或对构件进行抗震加固时,要求既有构件的砂浆强度大于等于 1.0MPa(低层建筑应大于等于 0.4MPa)^[14]。

5.2 技术措施

(1) 凿除空斗墙两侧装修层,将松动的空斗墙勾缝砂浆清除;

(2) 在墙面标定对拉螺栓位置,在砖面或接缝处采用电钻钻孔,对拉螺栓穿墙后采用灌浆料将钻孔封堵密实^[15];

(3) 用钢丝刷将墙体表面残余粉刷层刷干净,用吸尘器清理墙面浮灰,清水润湿、洗净墙面;

(4) 新增的竖向钢筋应贯穿楼板,底部锚入新增的地下暗梁内,楼板钻孔时应避开受力钢筋,钢筋穿过楼板后,采用灌浆料将钻孔封堵密实。按照先锚固基础,再锚固楼板,先施工底层再施工上部楼层的顺序施工;

(5) 内侧竖向钢筋和外侧水平钢筋焊接钢筋网绑扎平整,按梅花型布置拉结筋,并与墙面对拉螺栓捆绑牢靠,与墙面保持不小于 5mm 净距;

(6) 门窗洞口、小墙垛位置,采用 U 型箍代替水平钢筋,墙端布置 3 根竖向钢筋,钢筋网与墙体周边连接牢靠;

(7) 墙体表面涂刷界面剂或水泥砂浆一遍,分层喷涂 M15 级水泥砂浆,总厚度不小于 40mm。

6 结语

(1) 空斗墙体的抗震性能较实心砌筑方式要差,现行的建设标准、规范已取消空斗墙砌筑方式,随着时间的演变,既有的空斗墙体终将会退出历史舞台,新技术的发展为空斗墙体的后续安全使用提供保障。

(2) 采用墙重等效法,将空斗墙房屋等效成实心墙

房屋,按照相关规范要求,应用 PKPM 有限元软件对空斗墙结构进行承载能力验算,并对空斗墙房屋的抗震性能进行两个层次鉴定分析。

(3) 针对本文存在问题的空斗墙,选用钢筋网水泥砂浆面层加固,对其加固原理和加固施工过程的技术保障措施进行了详细说明^[16]。

[参考文献]

[1] 尚守平,季超群,刘湧.高性能复合砂浆钢筋网加固空斗墙的试验研究[J].湘潭大学自然科学学报,2010,32(2):6.

[2] 李炯粟,郭樟根,赵磊,等.空斗墙民房抗震鉴定与加固设计[C].湖北:武汉大学学报,2015.

[3] 张双科.ECC 加固空斗墙拟静力试验研究[D].陕西:西安建筑科技大学,2020.

[4] 周铁钢,张再显,邓明科,樊鑫淼.不同 ECC 加固措施对空斗墙抗震性能的影响[J].振动与冲击,2020,39(22):6.

[5] 李建根.空斗墙病害机理及加固试验研究[D].浙江:温州大学,2021.

[6] 窦围围.浅析空斗墙房屋的计算方法应用[J].智慧城市应用,2022(01):005.

[7] 葛辉.基于 PKPM 软件对混合结构的安全及抗震检测鉴定[J].中国建材科技,2021(1).

[8] 郭忠凯,吕岩.谈中小学校舍抗震鉴定中应注意的问题[J].低温建筑技术,2010(11):2.

[9] 周立朋.空斗墙砌体结构的抗震性能及加固措施研究[D].邯郸:河北工程大学,2012.

[10] 杨世云.某学生宿舍楼抗震鉴定与加固方法应用实例[J].建筑安全,2019(9):5.

[11] 李斌.某石砌体建筑抗震性能鉴定及加固[J].福建建筑,2009(4):3.

[12] 王嘉聪.碳纤维布与钢筋网水泥砂浆面层加固砌体结构抗震性能的对比试验研究[D].河北:河北工业大学,2011.

[13] 丁林.既有建筑结构抗震鉴定与加固防范探讨[J].低碳世界,2016(11):2.

[14] 鲁晓通,杨金涛,邓浩昀,等.钢筋网-砂浆加固改造施工工艺在某砌体结构加固工程中的应用[J].施工技术,2018(3):3.

[15] 蒲松,廖小兵.施工现场砌体结构墙体的加固措施[J].四川水泥,2022(6):1.

作者简介:张莉(1981.6-),女,毕业院校:东南大学;所学专业:土木工程;就单位:江苏省建筑工程质量检测中心有限公司;目前职位:高级工程师。