

某砌体结构教学楼裂缝原因分析及加固处理

唐红元 廖 妮

(西华大学建筑与土木工程学院 四川 成都 610039)

摘 要:结合现场调查、结构检测、地质补勘以及结构计算,分析了某砌体教学楼墙体裂缝原因。针对墙体开裂的原因,提出了相应的加固措施。首先采用加固砖护壁柱与增设预应力拉杆的方法来提高结构整体抗震性能;其次增设浅埋式基础以减小地基净反力;同时将距离外墙太近的积水井填埋移位重建;最后对开裂墙体进行双面贴钢筋网片后喷射水泥砂浆加固处理。经过上述加固处理后该结构使用至今仍然完好。

关键词:砌体结构;裂缝;加固处理

中图分类号:TU398.5;TU375.4

文献标志码:A

Reason Analysis and Strengthening Measures on Cracks in a Masonry Structure

TANG Hong-yuan, LIAO Ni

(School of Architecture and civil Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: Through field investigation, structure testing, geological survey of filling and structural calculation, the reason of cracked wall in a masonry building is obtained. According to the cracking reason of the wall, the corresponding reinforcement measures are proposed. The plastered wall is reinforced by added structural concrete column. The inside horizontal wall is strengthened by pre-stressed bars to improve the seismic performance of the overall structure. An addition shallow submersion foundation is added on the original foundation to minimize the net reaction force of foundation. Simultaneously, the too closed wall of water is removed and rebuilt. Finally, the cracked masonry wall is strengthened with steel meshed cement mortar. After the reinforcement processing, the structure is complete until now.

Key words: masonry structure; crack; reinforcement processing

目前,对原有建筑面积较小的结构进行增层、扩建、改造的工程日益增多。通过扩建改造,可以增加建筑面积,改变建筑的使用功能。同时,改造旧有建筑,在原有建筑基础上进行扩建,具有投资少、工期短、效益高等优点。增层改造成功的案例非常多,但这类增层改造后的结构由于新旧结构共同工作不协调及受地基新的附加沉降的影响,往往有部分结构会在增层改造后出现各种裂缝,影响结构的正常使用,需要进行加固处理。但是采用何种加固方法,需要根据实际情况具体分析。

1 工程概况

某幼儿园教学楼原先为3层砖混结构建筑物,

始建于1979年,楼板和楼梯均为装配式结构,屋面板为现浇混凝土结构,平面尺寸为14.4 m×34.8 m,如图1所示。抗震设防等级为6级,场地类别为二类。楼层层高均为3 m,建筑总高度为9 m。内外墙均为240厚实心黏土砖,砖强度等级为MU10,砂浆强度等级为M5。原设计基础持力层为粉质黏土层,基础为毛石混凝土组成的墙下条形基础。该结构仅在1层和3层楼板标高处设置圈梁,圈梁尺寸为240 mm×240 mm,内置4Φ12。同时,仅在房屋结构的四角布置有构造柱,且构造柱尺寸为240 mm×240 mm,内置4Φ14。

收稿日期:2011-12-23

基金项目:四川省教育厅科研项目(12206444);西华大学重点项目(Z1120634)

作者简介:唐红元(1974-),男,讲师,博士,主要研究方向为结构加固改造和鉴定。

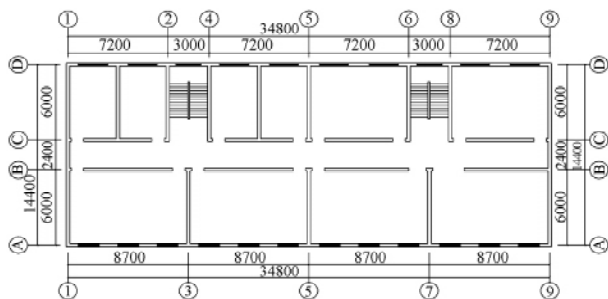


图1 建筑物标准层平面图(单位:mm)

由于学校发展需要 2009 年在原 3 层教学楼上按相同的楼面布置增加 1 层,层高为 3 m。同时,屋面为幼儿园室外活动场地,并且在屋面上方右半部加设了轻钢结构顶篷(⑤~⑨轴线区域)。

2 现场调查与结构检测

2.1 现场调查

经过现场调查发现,该砌体结构在房屋多处存在墙体裂缝,裂缝首现于加层完工后。另外,该墙体裂缝经粉刷装修处理后再次开裂,且变宽变长。裂缝主要分布在结构 D/⑤~⑨轴线范围的外墙区域,且 1~4 层均有。裂缝走向大致为 45°,裂缝指向房屋端部山墙,且裂缝宽度最大约 3 mm。另外,在顶层的内纵墙(B 轴和 C 轴线处纵墙)两端部位也存在少量的 45°斜裂缝。

在裂缝严重的墙体外侧地面,发现有 1 处 600 mm × 600 mm 的积水井,深约 3 m,内砌砖块之间缝隙较大,多处有砂粒渗出,且积水井外接市政污水管道。该积水井离外墙仅 1.5 m,据幼儿园工作人员介绍,该积水井和房屋加层同时建造。同时,还发现积水井周围混凝土地面已部分塌陷。

2.2 结构检测

结构检测的内容主要有:对该结构的砌体(无裂缝区域砌体)强度进行原位测试检测,对构造柱和楼屋面板混凝土进行碳化深度检测,以及对构造柱和楼板混凝土强度进行回弹试验,最后对构造柱和楼板钢筋进行扫描。结果表明砌体强度和混凝土强度均能满足原设计要求,同时钢筋扫描结果也说明钢筋间距和数量符合原设计要求。另外,构造柱和楼屋面板混凝土碳化深度在 2~8 mm 范围内。

由于该工程年代久远,地勘报告无法找到,因此,要求业主重新对裂缝分布严重的区域(轴线 D/⑤~⑨范围)地质情况进行钻孔勘察,探孔位于积水井边,得出场地地质条件自上而下分别为:1)杂填土(松散~稍密,层厚 1.0 m $f_{ak} = 70$ kPa);2)粉质黏土(硬塑,层厚 1.5 m $f_{ak} = 170$ kPa);3)中砂(中密,层厚 6.0 m $f_{ak} = 160$ kPa);4)砾砂圆砾互层

(稍密~中密,层厚 8.50 m $f_{ak} = 280$ kPa, $q_{pk} = 3$ MPa);5)强风化泥质粉砂岩(属软岩,层厚 2.70 m);6)中风化泥质粉砂岩(属软岩,最大揭露厚度 12.30 m)。

3 墙体裂缝原因分析

3.1 砌体常见裂缝分类

砖混房屋结构中墙体裂缝,通常分受力裂缝和变形裂缝 2 大类^[1]。一般情况下,受力裂缝是由于砌体构件抗压强度不足而产生的竖向裂缝,而变形裂缝是由于温度变形或地基不均匀沉降使墙体产生附加应力,其主拉应力达到砌体抗拉强度时产生与主拉应力方向垂直的墙体裂缝。其中,墙体中温度变形裂缝多为 45°的斜裂缝,以顶层多见;地基沉降裂缝一般均为 45°的斜裂缝且裂缝起始于底层。

3.2 砌体开裂原因分析

结合现场调查和结构检测结果,经过重新计算分析表明,上部结构除整体抗震能力不满足现有抗震规范^[2]要求外,其余均能满足砌体结构规范^[3]要求,同时,下部结构基础部分验算结果也能满足承载力要求。

而根据教学楼外墙出现的裂缝特征,应属于地基不均匀沉降引起的墙体裂缝。但是,结合补充勘察的地质条件表明,该建筑物在开裂墙体区域的土层分布均匀。而 D 轴线墙体裂缝经粉刷装修后重新开裂,应按发展型裂缝处理,说明裂缝还处于发展阶段。因此,只能有一种解释,就是积水井中的流水将土层的中砂层的砂粒带走。这种效果日积月累,相当于地基处理中的“浅层掏土”^[4],使得地基沉降,形成地基不均匀沉降,从而导致上部墙体开裂。

另外,教学楼顶层内纵墙(B 和 C 轴线墙体)两端部位的裂缝符合温度裂缝特征,应属温度变形为主斜裂缝。

4 加固处理方案

结合前述对开裂原因的分析,对结构的加固采取如下措施:1)为提高结构整体抗震性能,采用了增设构造柱(加固砖护壁柱)与圈梁(预应力拉杆)的方法;2)针对不均匀沉降导致的内外墙体裂缝,采取对基础进行增设浅埋式基础的加固处理方式,同时,将积水井填埋移位重建;3)对开裂墙体进行双面贴钢筋网片后喷射水泥砂浆加固处理。

4.1 提高结构抗震性能的措施

4.1.1 张拉预应力筋代替圈梁加固

原结构仅在 1~3 层墙体中的 1 层和 3 层设置

了圈梁,按照现行抗震规范的要求,砌体结构每层都需要设置圈梁,考虑加固的简便及操作的可行性,在纵横墙增设钢拉杆代替圈梁以增加房屋的整体刚度^[5],如图2所示。

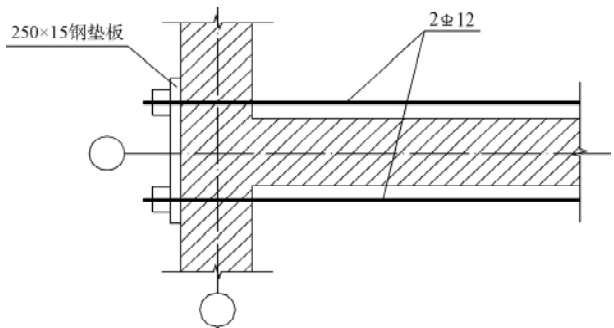
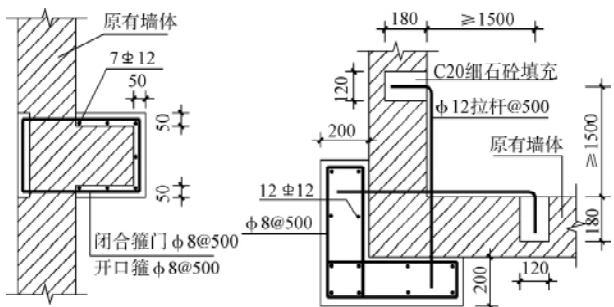


图2 增设预应力筋拉杆加固

图2中钢拉杆采用2根直径12mm的Ⅱ级钢筋,端部钢垫板采用Q235钢,尺寸为250mm×15mm的方形钢垫板。施工中钢拉杆应张紧,不得下垂和弯曲,同时,张拉应力不应过大。外露铁件应涂刷防锈漆并采用钢筋混凝土封锚。

4.1.2 钢筋混凝土加固砖壁柱

按照现行抗震规范的要求,在需要增设构造柱的位置,采用钢筋混凝土加固砖壁柱,如图3所示。



(a) 砖扶壁柱加固 (b) 转角处加固

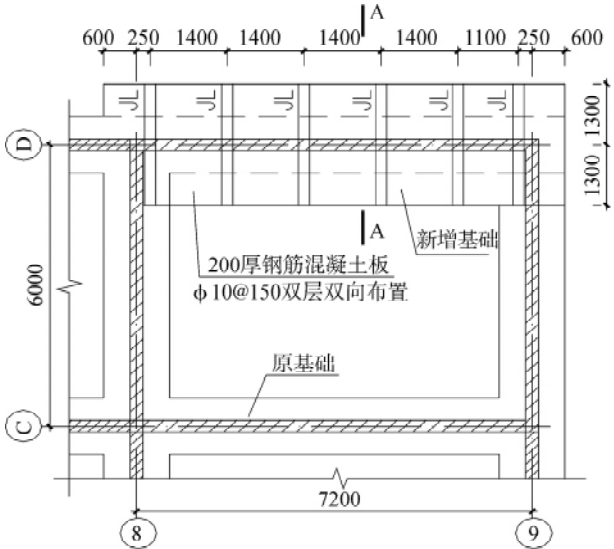
图3 钢筋混凝土加固砖壁柱

需要增设构造柱的位置主要有:大开间教室的内外墙交接处、楼梯间的四角、外墙的四角和对应的转角。采用砖护壁柱加固时,竖向高度每隔500mm布置一道闭合箍,其间则布置开口箍。对于转角处加固,采用新增构造柱外露的加固方式处理。

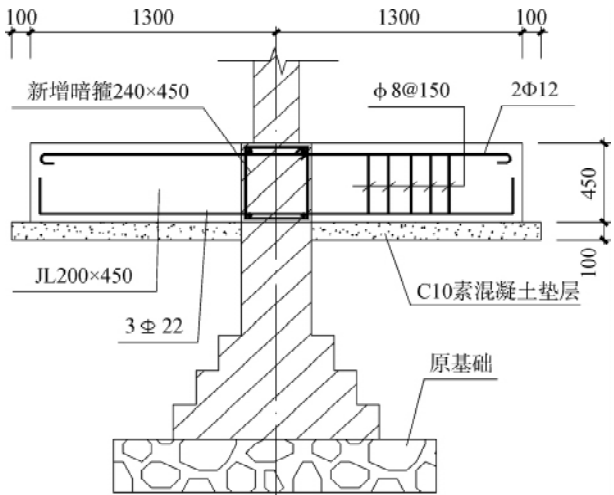
4.2 结构基础加固

由于积水井的存在,使得地质条件中的中砂层的砂粒随着水流外渗流失,相当于地基处理中的“浅层掏土”,因此,必须将积水井填埋并移位处理。

同时,综合考虑各种因素后,决定在该范围另外再增设浅埋式基础,由新增浅埋式基础承担部分上部荷载,以相对减轻原有基础底部压力,从而逐步稳定沉降裂缝。房屋基础加固处理的具体方法详见图4。



(a) 新增基础布置图



(b) A-A 剖面

图4 基础加固(单位:mm)

新增设的浅埋式基础混凝土强度等级为C25,离原基础顶部1300mm,新增基础为200mm厚,宽度为2600mm的钢筋混凝土筏板,筏板配筋为双层双向Φ8@100。另外,在筏板内每隔1400mm设置基础挑梁,挑梁尺寸为200mm×450mm,挑梁顶部配置2根通长Φ12钢筋,底部配置3根直径22mm的二级钢筋。

施工中应注意分段凿除原外墙墙体,分段施工新增筏板基础。并对原有该部位外墙墙体进行适当加固处理,具体措施为沿D轴线墙体增设240mm×450mm暗箍,墙体两侧各布置2Φ12钢筋,箍筋为Φ6@200。

4.3 开裂墙体加固

对所有开裂墙体,沿裂缝两边各凿除粉刷层1000mm宽后清洗墙面,在墙体两侧各贴Φ4@100钢筋网片,按梅花形布点设穿墙拉接筋Φ6@400,后用M15水泥砂浆粉刷墙面20~30mm厚。加固处理措施详见图5^[6]。

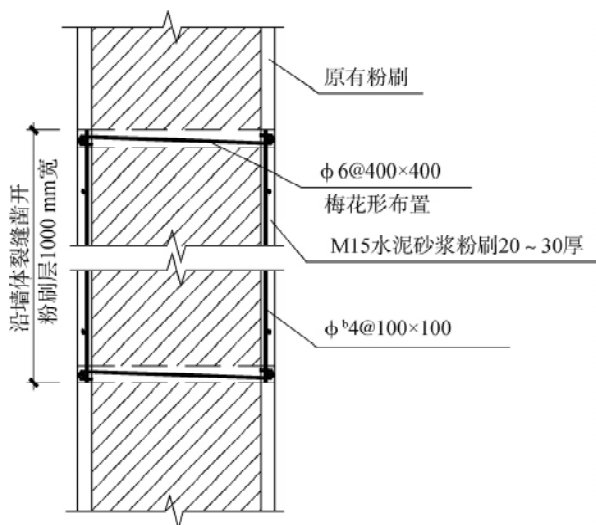


图5 墙体裂缝处理

5 结论

1) 经过现场调查、结构检测、地质补勘以及计算分析,该幼儿园砌体教学楼外墙裂缝为地基不均匀沉降引起,而地基不均匀沉降的原因是地面的积水井距离外墙太近,导致土层中的砂粒随流水流失,形成“浅层掏土”效应。另外,顶层内纵墙两端的斜裂缝属于局部温度裂缝,呈现稳定型裂缝形态。

2) 对结构的加固采取了相应的措施:为提高结

构整体抗震性能,采用了加固砖护壁柱与增设预应力拉杆的方法;针对不均匀沉降导致的内外墙体裂缝,采取对基础进行增设浅埋式基础的加固处理方式,同时,将积水井填埋移位重建;针对开裂墙体进行双面贴钢筋网片后喷射水泥砂浆的加固处理。

3) 经过上述加固处理后,该结构使用近一年,裂缝不再发展,也没有出现新的裂缝,房屋结构至今完好。

参 考 文 献

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997: 5-6.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部和中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB50011—2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [3] GB50003—2001 砌体结构设计规范[S]. 北京: 北京科文图书业信息技术有限公司, 2002.
- [4] 唐业清, 万墨林. 建筑物改造与病害处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000: 508-511.
- [5] 李永学. 6 度区砖砌体房屋抗震加固探讨[J]. 工程抗震, 2003(4): 21-24.
- [6] 信任, 姚继涛. 多层砌体结构墙体典型抗震加固技术和方法[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010, 42(2): 251-255.

(编校: 叶超)

(上接 99 页)

表1 轴流式止回阀全开工况下的流阻系数

进出口压/kPa	流速 $v/(m/s)$	介质密度 (kg/m^3)	流阻系数 K
5.15	2.0	998.2	2.57
8.01	2.5	998.2	2.56
11.49	3.0	998.2	2.55
15.61	3.5	998.2	2.54
19.30	4.0	998.2	2.40
25.70	4.5	998.2	2.54

将图7中所示的轴流式止回阀试验和计算流阻系数曲线与计算所得的表中数据进行比较,可以看出:1) 计算结果与试验结果比较接近,在低速($v < 2 m/s$)的情况下,试验所得的流阻系数显然比计算的结果大,分析认为产生这种差距的原因是当流速较低时,阀门没完全打开,而计算是以止回阀完全打开时进行的。2) 试验曲线的直线部分表明止回阀达到全开状态,此后流阻系数基本不发生变化,表明阀门的流阻系数只与阀瓣的开度有关。3) 轴流式止回阀具有较小的流阻系数,这对于管道系统长期运行是非常经济的,符合节能环保的要求。4) 验证

了数值模拟的有效性。

4 结论

通过对轴流式止回阀性能的研究可知,轴流式止回阀具有较小的流阻系数,对于长期运行是非常经济的,符合节能的要求;同时由于其较低的压力降,回流速度小,动态响应优,可以减小水锤作用;而且结构简单,使用寿命长。因此,在工程中使用轴流式止回阀工作可靠、绿色节能。同时通过对轴流式止回阀流阻系数的试验与计算结果进行对比,验证了CFD/CAD的结合在工程应用中的有效性。

参 考 文 献

- [1] 余惠琼, 季全凯, 符杰, 等. 一种新型止回阀的水锤试验研究[J]. 西华大学学报: 自然科学版, 2007, 26(2): 59-60.
- [2] 李学飞. 轴流式止回阀阀瓣结构分析与设计[J]. 阀门, 2011(2): 5-7.
- [3] 李进良, 李承曦, 胡仁喜. 精通Fluent6.3 流场分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 7-9.
- [4] 王福军. 计算流体动力学分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 146-152.
- [5] Stefano Sibilla, Mario Gallati. Hydrodynamic Characterization of a Nozzle Check Valve by Numerical Simulation[J]. Journal of Fluids Engineering, 2008, 130(12): 121101-121112.

(编校: 夏书林)