

湿陷性黄土地区危楼的结构检测评定与加固改造^{*}

冷畅俭¹, 罗广宇¹, 李昭业²

(1 西北农林科技大学 基建处, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省建设工程质量监督检验测试中心, 陕西 西安 710068)

[摘 要] 通过对地处陕西关中西部渭北黄土塬区的西北农林科技大学图书馆楼的结构检测, 分析得出工程裂缝的形成是由于湿陷性黄土地基长期浸水而引起地基不均匀沉降所致, 并进一步对结构的安全性进行了评价, 提出旋喷桩加固改造的方案。

[关键词] 湿陷性黄土; 危楼; 结构检测评定; 加固改造

[中图分类号] TU 475⁺. 3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)10-0155-06

我国湿陷性黄土地质遍及甘、陕、晋的大部分地区以及豫、宁、冀等部分地区。此外, 新疆和鲁、辽等地也有局部分布。陕西湿陷性黄土层厚度通常大于10 m, 地基湿陷等级一般为III、IV级, 湿陷性较敏感, 对工程建设的危害性较大^[1,2]。在湿陷性黄土地区, 有大批建筑年代达几十年之久的以砖混结构为主的楼房, 由于当时地基处理较浅或湿陷性消除不彻底, 加上长期雨水浸泡, 导致部分楼房基础不均匀沉降而出现裂缝, 有的甚至成为危楼。因此, 急需对这一类至今仍发挥着重要作用的建筑物进行结构检测, 分析裂缝的形成原因, 并评定结构的可靠性。建筑结构分析与鉴定有多种不同的方法^[3~5], 本研究采用综合优化现场检测技术, 对地处陕西关中西部

渭北黄土塬地区的西北农林科技大学图书馆楼(以下简称“图书楼”)进行了检测分析和加固改造, 以为湿陷性黄土地区旧楼加固提供参考。

1 图书楼原工程概况与现状

地处陕西关中西部渭北黄土塬区的“图书楼”为一总体3层、局部4层的砖混结构楼, 建筑面积约5 700 m²。工程由陕西省城市设计院于1960-03完成设计, 1963年曾进行图纸变更, 1965年竣工投入使用。该工程平面布置呈“山”字型, 东西长118.42 m, 南北宽31.2 m, 楼房总高度17 m。一、二层平面示意图见图1, 三层平面示意图见图2。

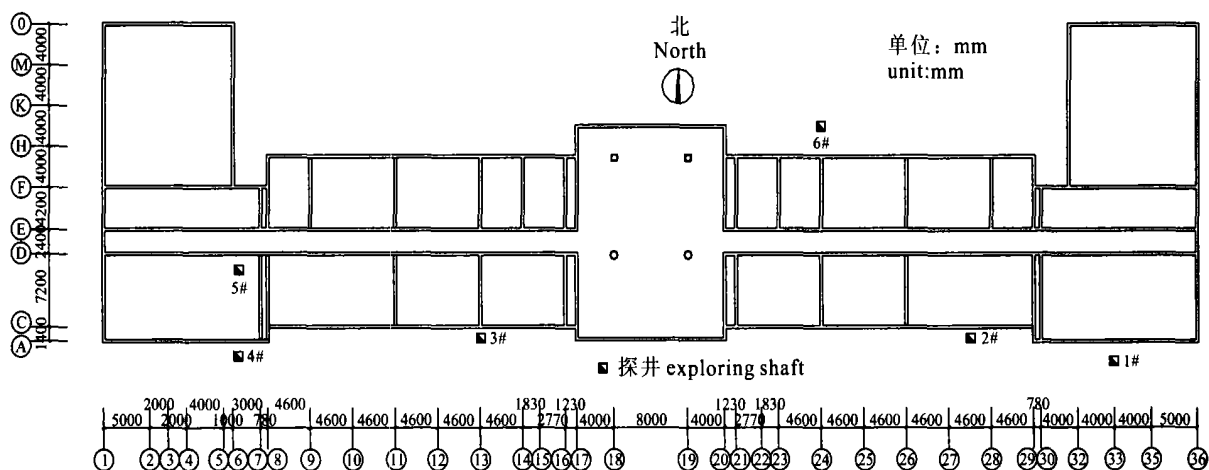


图1 “图书楼”一、二层平面示意图

Fig 1 Plane sketch map of the first and second floor of library building

^{*} [收稿日期] 2005-04-04

[作者简介] 冷畅俭(1966-), 男, 四川大竹人, 副教授, 主要从事水利及建筑工程研究。

3 3 砌体原位试验

在该楼一、三层设置 12 个测点, 按照《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T 50315-2000), 对砌体强

度进行砌体原位单砖双剪法测试。由表1 结果知, 该楼房砌体强度满足M 2 5 等级砌筑砂浆的要求。

表1 “图书楼”砌体砂浆强度试验结果

Table 1 Result of Mortar's intensity test of library building

检测墙体 Exam ination wall	墙体位置 Exam ination position	破坏荷载/kN Dam aged load	抗剪强度 试验值/M Pa Tested number of antir-cut strength	抗剪强度 标准值/M Pa Standard number of antir-cut strength	设计要求 Design require
1 层内墙 Partition of 1st floor	26-27/D	28 21	0 250	0 13	M 2 5
	23-24/E	21 31	0 170	0 13	M 2 5
	16-14/D	31 66	0 290	0 13	M 2 5
	11-12/E	21 31	0 170	0 13	M 2 5
	33-35/E	26 74	0 233	0 13	M 2 5
	35/E-F	28 21	0 215	0 13	M 2 5
3 层内墙 Partition of 3rd floor	20/G-F	31 66	0 325	0 13	M 2 5
	17/E-G	31 66	0 325	0 13	M 2 5
3 层外墙 Fastigium of 3rd floor	24/E-G	14 42	0 125	0 13	M 2 5
	24/C-D	31 66	0 325	0 13	M 2 5
	13/D-C	14 42	0 125	0 13	M 2 5
	13/H-E	14 91	0 131	0 13	M 2 5

注: 26-27/D 表示 26 轴至 27 轴之间的D 轴墙体, 35/E-F 表示 E 轴至 F 轴之间的 35 轴墙体。以下类推。
Note: 26-27/D means the wall of the axis D between axis 26 and axis 27, 35/E-F means the wall of the axis 35 between axis E and axis F, the follow ing is on the analogy of this

3 4 砼构件强度检测结果

3 4 1 箍筋间距及主筋数量检测 对部分梁、板的箍筋间距和主筋数量进行了检测, 结果见表2。由表 2 可知, 检测结果均与设计相符。对三层部分混凝土构件的测试发现, 混凝土中的钢筋表面已经发生轻

微锈蚀, 出现少量锈斑。目前混凝土梁、柱等受力构件中除个别梁出现微裂缝外, 绝大部分构件表面无明显裂缝出现, 表明混凝土构件在目前使用荷载下工作正常。

表2 “图书楼”箍筋间距及主筋数量检测结果

Table 2 Result of accessorial and measuring of primary steel bar of library building

构件名称 Object's name	构件位置 Position	实测配筋 Combined steel bar in fact		设计配筋 Combined steel bar of design	
		主筋根数 Number of primary steel bar	箍筋间距/mm Space betw een accessorial steel bar	主筋根数 Number of primary steel bar	箍筋间距/mm Space between accessorial steel bar
1 层梁 Girder of 1st floor	18/E-G	2+ 8	202	2+ 8	200
	2/A -D	2+ 4	200	2+ 4	200
	4/A -D	2+ 4	202	2+ 4	200
2 层梁 Girder of 2nd floor	19/G-E	2+ 8	190	2+ 8	200
	18-19/G	2+ 8	200	2+ 8	200
3 层梁 Girder of 3rd floor	11/E-G	2+ 2+ 2+ 8	248	2+ 2+ 2+ 8	250
	9/C-D	2+ 2+ 2+ 8	260	2+ 2+ 2+ 8	250
	26/C-D	2+ 2+ 2+ 8	258	2+ 2+ 2+ 8	250
	28/E-G	2+ 2+ 2+ 8	254	2+ 2+ 2+ 8	250
2 层柱 Column of 2nd floor	19/G	2+ 2	180	2+ 2	200
	18/G	2+ 2	186	2+ 2	200
3 层柱 Column of 3rd floor	19/G	2+ 2	200	2+ 2	200

注: 19/G 表示 19 轴与 G 轴交叉处的柱, 以下类推。
Note: 19/G means the column of intersection by axis 19 and axis G, the follow ing is on the analogy of this

3.4.2 砼构件强度检测 按照标准化协会标准《钻芯法检测砼抗压强度技术规程》(CECS03:88),随机抽取3个混凝土构件,采用钻芯法对其现龄期混凝土

抗压强度进行测试。表3表明,该楼房所抽检部位混凝土现龄期强度等级满足C25要求。

表3 “图书馆”砼构件强度试验结果

Table 3 Result of concrete object's intensity test of library building

构件位置及名称 Position and name of object	龄期/年 Age	现龄期抗压强度/M Pa Antipress strength at present	混凝土强度设计值 Design number of concrete strength
1层18/D-E梁 18/D-E girder of 1st floor	40	28.1	150 [#] (C13)
2层19/D-E梁 19/D-E girder of 2nd floor	40	28.7	150 [#] (C13)
3层18-19/G梁 18-19/G girder of 3rd floor	40	28.6	150 [#] (C13)

注:18/D-E表示D轴至E轴间的18轴的梁;18-19/G表示18轴至19轴间的G轴的梁。以下类推。

Note: 18/D-E means the girder of the axis 18 between axis D and axis E; 18-19/G means the girder of the axis G between axis 18 and axis 19. The following is on the analogy of this.

3.5 楼板现场结构性能试验

该楼房1~3层采用185mm预制钢筋混凝土楼板,40mm细石混凝土找平,15mm水磨石面层,12mm板底面抹灰层。为了掌握楼板的结构性能情况,在三层随机抽取1块4500mm×360mm×185mm的楼板(10~11/C~D),进行了结构性能试验。

试验采用均布加载方法,将所选预制楼板面层、找平层等凿除,板四周板缝凿开,加荷至标准荷载的1.2倍,按照《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)规定的挠度允许值进行检验。检验指标为: $\alpha \leq [\alpha]$,其中 α 为检验荷载值下楼板跨中短期挠度实测值; $[\alpha]$ 为短期挠度允许值;单位均为mm。

检验荷载值: $Q_0 = 1.2(G_K + Q_K)$

式中, G_K 为恒载标准值,按楼板实际情况计算(kN/m); Q_K 为荷载标准值,按《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)取为20kN/m²。

短期挠度允许值: $[\alpha] = \frac{M_s}{M_l(\theta - 1) + M_s} [\alpha]$

式中, M_s 为按荷载短期效应组合计算所得的弯矩值(kN·m); M_l 为按荷载长期效应组合计算所得的弯矩值(kN·m); θ 为考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数; $[\alpha]$ 为构件挠度的允许值,单位为mm。

计算的 $[\alpha]$ 为11.53mm,当短期检验荷载值 Q_0 加载至54.2kN/m²时,实测 α 为25.4mm,且未发现超过裂缝许可宽度(0.2mm)的裂缝。在试验时还发现,预制楼板与花篮梁之间的连接处已出现了大于1mm的裂缝。依据《预制混凝土构件质量检验评定标准》(GBJ321-90),可推定该楼房预制混凝土楼板的挠度及裂缝宽度满足正常使用要求。

4 结果分析与结构可靠性评定

4.1 裂缝产生原因分析

根据以上检测结果,并综合裂缝形态、裂缝宽度、砌体强度、地基土情况等因素进行分析可知,该楼房地基土属于II级非自重湿陷性黄土及自重湿陷性黄土,且具有中高压缩性,目前室外地坪下3~4m地基土的含水率普遍较高,部分已接近饱和。地基土长期浸水导致楼房地基产生不均匀沉降,过大的不均匀沉降产生的主拉应力超过墙体抗力而导致墙体开裂,温度变形也加剧了裂缝的发展。检测中发现,该楼房室外为无组织排水,且种植有大量草木,雨水滞留应是造成地基浸水的主要原因。

此外,楼房门厅部分为四层,门厅两边为三层,大开间设置,作为办公室及阅览室使用,楼房两端部为二层结构,作为书库使用,楼地面荷载较大。荷载的不均匀分布及该建筑物的平面结构特性,是导致该楼中部及两端沉降量增大而联接部分相对下沉较小的原因之一。

楼板面裂缝均位于楼板接头处及接缝处,该楼房采用预制楼板及花篮梁,在沉降变化较大处楼板的支座变形及温度变形引起了板面水磨石沿板缝开裂。

鉴于该楼房部分墙体裂缝已经相对较宽,并因地基土持力层不稳定且有继续发展的趋势,应尽快对该建筑物的地基进行加固处理。

4.2 结构可靠性评定

依据《民用建筑物可靠性鉴定标准》(GB50292-1999)对该楼房进行可靠性评定。

4.2.1 地基基础评定 该楼地基土为II级非自重湿陷性黄土及自重湿陷性黄土,且具有中高压缩性。

墙体、楼面出现的裂缝主要是由地基浸水引起不均匀沉降所致,且2003年雨季后裂缝有继续发展的趋势。依据《标准》6.2.4条,该楼地基基础评定为Cu级。

4.2.2 上部结构评定 上部承重结构目前使用情况良好,大部分承重墙体、混凝土梁和混凝土预制板经过40年的使用后,现有强度仍均符合原设计要求。但由于超过15%的内纵墙及横墙上出现沉降裂缝,且各层之间基本贯通,最大裂缝宽度达到5mm,预制构件之间的连接部位出现大于1mm的裂缝,已影响到结构整体性,依据《标准》6.3.2条,上部结构评定为Cu级。

4.2.3 楼房整体评定 依据《标准》8.1.2条,楼房安全性评定为Csu级,即“安全性不符合本标准对Asu级的要求,显著影响整体承载”。故必须对地基进行加固处理,并对少数构件立即予以加固。

另外,该楼房建造于20世纪60年代,其结构设计时未考虑抗震设防,圈梁、构造柱设置均不足,且在使用中未进行过抗震加固,不能满足《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)的要求。

5 加固改造方案

鉴于楼房上部结构部分墙体及板面裂缝已经影响到该楼的整体结构性能,故应先对地基进行加固,待地基加固后再对墙体及板面进行加固处理。

5.1 地基加固方案

参照文献[4~6]的加固处理办法,根据本工程的特点,为便于施工,保证加固效果,建议采用旋喷桩对地基进行加固处理。旋喷桩直径为0.6m,桩顶标高与基础底面平(-1.25m标高),桩端应进入非湿陷性土层1.0m,设计桩长 $H=8.0$ m,每米桩长的水泥用量不得少于180kg。

5.2 墙体加固方案

主要采用钢筋网片墙加固方法,凿去原抹灰层,在砖墙上固定 $\phi 6@250$ 的钢筋网片,再用水泥砂浆抹平,防止墙体裂缝再次发生,详见图3所示。

5.3 楼板加固方案

对裂缝明显的楼面加固采用细石混凝土叠合面层的方法,凿去楼板找平层,固定 $\phi 8@300$ 的钢筋网片,再浇筑65mm厚的细石砼,详见图4。

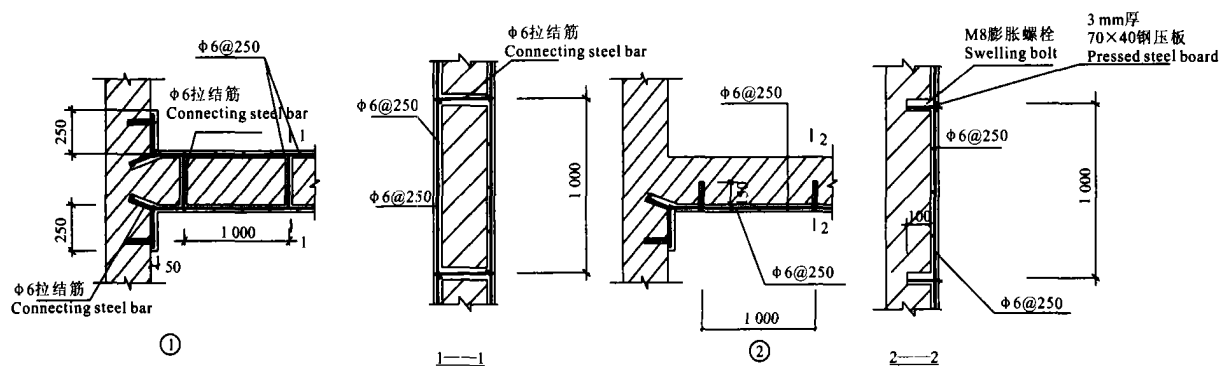


图3 “图书楼”墙体加固方案详图

Fig. 3 Drawing of wall reinforcement of library building

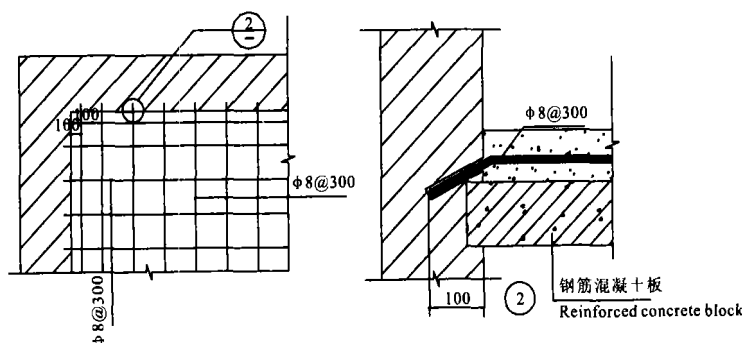


图4 “图书楼”楼板加固方案详图

Fig. 4 Drawing of floor block reinforcement of library building

6 结 语

通过对地处陕西关中西部渭北黄土塬区的西北农林科技大学图书馆楼的结构检测、分析,发现裂缝的形成是湿陷性黄土地基长期浸水而引起地基不均

匀沉降所致。鉴于楼房部分墙体及板面的裂缝已影响到该楼的整体结构性能,故应先对地基进行加固,待地基加固后再对墙体及板面进行加固处理。本文提供的加固方案可为同类型地区危楼结构检测评定与加固改造提供参考。

[参考文献]

- [1] 薛水鱼 湿陷性黄土地基的加固处理[J]. 地基基础工程, 1999, 9(4): 61- 68
- [2] 廖振雷 湿陷性黄土地基工程实例与分析[J]. 人民长江, 2003, 34(3): 44- 45
- [3] 王亚红, 李宗利, 冷畅俭 三号教学楼结构静力分析及构件破坏原因初探[J]. 西北农业大学学报, 2000, 28(2): 108- 111.
- [4] 王济川 房屋常见事故分析鉴定与处理[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1996 3- 10
- [5] 张贵寿, 邵晓蓉 建筑结构的鉴定与加固[J]. 绍兴文理学院学报, 2000, 20(5): 82- 85
- [6] 杨 斌, 李延和 建筑物鉴定与加固改造学科发展评述[J]. 泰州职业技术学院学报, 2004, 4(4): 13- 17.

Examination and evaluation of structure and reinforce-designing of danger building in slumping loess region

LENG Chang-jian¹, LUO Guang-yu¹, LI Zhao-ye²

(1 Capital Construction Bureau of Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Construction Engineering Quality Supervising Testing Center of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710068, China)

Abstract: Through structure examination and evaluation of the library building in Northwest A & F University located in loess area, north of Weihe river, the paper concluded that cracks of the building were caused by asymmetry settlement of slumping loess groundwork, which sank in water in a long period, and evaluated the structure's security, then pointed out that the building should be reinforced by jet grouting pile

Key words: slumping loess; danger building; structure examination and evaluation; reinforce-designing