

# 临近基坑的近代优秀建筑物监测与对策

张尚根 李刻铭

(解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏南京 210007)

**【摘要】** 针对某近代优秀建筑物受相邻基坑施工影响出现的墙体裂缝, 提出了相邻基坑施工影响近代优秀建筑物的安全监测对策, 通过控制地下水位、调整支护结构的刚度和建筑物沉降动态预报等方法确保近代优秀建筑物的安全。

**【关键词】** 基坑施工; 刚度; 沉降; 动态预报; 监测,

**【中图分类号】** TU 753

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.06.008

## Monitoring and Countermeasure of Heritage Building Subsidence Caused by Closer Deep foundation Excavation

Zhang Shanggen Li Keming

(Engineering institute of corps of Engineers, PLA University of science and Technology, Nanjing 210007, Jiangsu China)

**【Abstract】** Cracks of wall were found in the Heritage Building because of deep foundation excavation. The monitoring scheme and countermeasure such as protected groundwater level, increase rigidity of reinforced concrete supports and dynamical predication model for building settlement were also forward. . , the Heritage Building was safety during the construction of the very closer foundation pit.

**【Key words】** deep foundation excavation; rigidity; building subsidence course; dynamical prediction; monitoring

### 0 引言

南京某部办公楼位于南京市湖南路 10 号, 该建筑先后是清朝江苏咨议局、江苏省议会、中华民国临时参议院以及中国国民党中央党部所在地。该办公楼于 1909 年开工建设, 1910 年落成, 为砖木结构, 清水砖墙, 三角形木屋架, 圆拱形窗, 地上二层, 平面呈正方形, 中部为草坪, 周围是高二层的办公用房, 形成前后两进与东西厢房组成的四合院, 建筑面积 4 600 m<sup>2</sup>。1982 年, 该建筑被列为第一批南京市文物保护单位。1991 年, 又被国家建设部、国家文物局评为近代优秀建筑。

根据建设单位的需要, 2009 年 6 月在该办公楼的西南侧建设综合楼, 综合楼设置 2 层地下室, 开挖深度 9.75 m(局部 11.70 m), 基坑平面基本呈现 L 形, 长约 105 m, 宽 62 m, 基坑开挖边线距该建筑 5.6 m。场区内土层为素填土、粉质粉砂、淤泥质粉质粘土、粉质粘土, 地下水位在地面以下 0.8 m, 地下含水量丰富, 部分土层为微承压水。基坑支护采用  $\Phi 900$  钻孔灌注桩和二层钢筋混凝土内支撑结构

体系, 水泥土深搅拌桩作为止水帷幕。在基坑开挖中要确保该近代优秀建筑物(文物楼)的安全。

### 1 现场调查与监测方案

#### 1.1 现场调查

对 3 倍开挖深度内的文物楼基础形式、构件截面、节点构造、构造措施等进行了现场调查, 详细调查了建筑物的裂缝开展情况, 对裂缝进行了检测与标识, 并对部分承重结构的黏土砖进行抽样检测。结果表明, 文物楼基础形式为 3 皮放大脚砖砌条形基础, 无圈梁, 基础整体性差, 部分基础有裂缝存在, 表现为文物楼出现不均匀沉降, 墙面裂缝较多, 最大裂缝达宽度达到 8 mm, 大部分裂缝达宽度在 2~4 mm 之间。屋架木结构仅漏雨处有轻微腐朽, 大部分未发现腐朽与虫蛀现象, 但存在老化现象, 部分木结构出现顺纹裂缝。黏土砖存在轻度风化和损伤。由于基坑距文物楼较近, 文物楼基础存在断裂, 基坑施工对文物楼有显著的影响, 要求临近文物楼基坑不允许出现水土流失, 变形控制在允许范围内, 尽可能减小基坑施工对文物楼基础的扰动。

## 1.2 监测方案

由于人们对支护结构与土相互作用的机理尚未完全了解,基坑设计理论不够成熟,基坑土方开挖时其坑外地表的变形没有统一和准确的计算方法,为实时把握基坑施工中挤坑支护结构的受力和变形状况,确保基坑施工正常进行,在施工过程中必须对基坑变形和周边环境情况进行动态监测,做到信息化施工。

根据数值分析表明<sup>[1-5]</sup>,对于深度为 10 m 左右的基坑采用支护桩加钢筋混凝土内支撑体系,其最大沉降发生在距坑外 9 m 左右。监测资料表明<sup>[4]</sup>,类似基坑最大沉降发生在距坑外 6 m 左右。而该处正是文物楼所在的位置,如果沉降过大,文物楼基础可能出现断裂,加速墙面裂缝发展,水土流失也是文物楼基础扰动影响因素之一。因此,在距文物楼基础 2 m 左右处设置水位观测孔和土体深层水平观测孔,同时在文物楼设置沉降观测点。当到达下述监测项目报警值之一时,均进行报警。地下水位下降 500 mm/d 或累计超过 1 000 mm;沉降持续 3 d 大于 2 mm/d 或累计超过 20 mm;土体深层水平位移顶部持续 3 d 大于 2 mm/d 或累计超过 15 mm。取上述报警值的 60% 作为预警值,超过预警值时增加监测频率。为了减少仪器的误差,在监测前对所用仪器进行检测,固定操作人员。超过报警值时,监测小组立即通知业主、监理和施工单位,由施工单位组织专家讨论对策,对文物楼的安全性进行评估。

## 2 基坑安全监测对策

### 2.1 控制降水

按照基坑施工方案的要求,逐次降水,满足土方开挖,土方分层、分块开挖,及时浇筑底板和侧墙和回填土,减少基坑暴露的时间,减小基坑施工对文物楼的影响。施工单位在土体开挖前进行预降水,将地下水降至地表以下 10 m 处,临近基坑的文物楼地下水位累计超过 1 000 mm 以上,沉降测点监测数据显示,文物楼平均沉降达 4.6 mm,现场查明墙面原裂缝增大 0.3 mm 左右,并增加若干条新裂缝,宽带在 0.1~0.3 mm 之间。上述现象表明,文物楼基础整体性差,并对地基土的变形敏感。监测单位及时启动报警机制,将监测结果通知业主、监理和施工单位,组织专家会审,查明止水帷幕的深搅桩存在冷接头,出现渗水。决定在距文物楼基础 1 m 处增设一排回灌设施,同时对出现渗水处的止水帷幕进行压密灌浆处理。上述措施有效地确保了在基开挖时文物楼基础处的地下水位保持动态平衡,减小因

水土流失引起的文物楼的沉降。

### 2.2 控制支护结构变形

在基坑开挖中要严格控制支护结构的变形对文物楼产生的不均匀沉降。为了预测基坑土方开挖中支护结构的变形所产生的地表沉降,对支护结构、开挖深度与地质条件相近的基坑采用文献[6-7]的方法进行地表沉降计算,并与现场监测数据对比,优化计算参数,预先对文物楼产生的不均匀沉降进行预估,并对支护桩的变形提出具体的水平位移量提出控制要求。当要求文物楼沉降为 20 mm 时,按文献[7]给出的计算方法可算出地表最大沉降位于坑外 5.7 m 处,支护桩顶的水平最大位移不超过 15 mm、支护桩身的水平最大位移不超过 30 mm 时能够满足监测方案的要求。将此计算结果通报给基坑设计单位,设计单位重新进行计算与复核,将钢筋混凝土支撑的截面由 700 mm×600 mm 调整为 800 mm×700 mm。支撑截面增大,即水平支撑刚度增大,可有效地控制支护桩顶及桩身的水平位移,减小因支护结构变形引起的文物楼的沉降。

### 2.3 文物楼沉降动态预报

为了预测文物楼在基坑施工过程中沉降变化情况,防止文物楼出现破坏,为采取工程措施赢得时间,需要对基坑土方开挖中文物楼的沉降提前进行预报。BP 网络<sup>[8-11]</sup>和遗传算法<sup>[12]</sup>均可根据监测数据预测建筑物的下一步的沉降,传统 BP 算法具有收敛速度慢,稳定性差,初始权值是随机给定的,每次训练的次数及最终权值会略有不同,网络的寻优不具有唯一性,会出现局部极小问题的缺点<sup>[12]</sup>。遗传算法的搜索始终遍及整个解空间,擅长全局搜索<sup>[13]</sup>,而人工神经网络对局部搜索有明显的优势。因此,将二者结合起来,优势互补,用遗传算法对人工神经网络的权值进行优化,在解空间定出一个较好的搜索空间,再用 BP 算法在这个空间搜索出最优解。采取遗传-BP 神经网络模型对文物楼的沉降进行动态预报,将文物楼沉降与时间关系作为一个时间序列,用先前若干时间点的监测沉降值来预测后续时间点的变形,为预测下步某一时间段内文物楼的沉降,即用前几天相应测点的变形监测数据为原始输入,将以后几天该相应点的各预测值视为输出,在时间推进到下一日以后,将该日的实际监测值滚入作为新的输入,而置换掉最前一日的监测值,以不断更换输入数据而进行下一日动态预测方法。文物楼沉降实测值与预测值的对比见表 1。

表1 文物物沉降预测值与实测值比较

步骤	建筑物沉降 /mm									均差
第三步	实测值	15.41	15.58	15.97	16.03	16.26	16.15	16.05	15.53	1.05%
	预测值	15.55	15.61	16.04	16.35	16.47	16.29	16.04	15.96	
第四步	实测值	15.43	16.14	16.31	17.08	17.31	17.51	17.23	17.02	1.90%
	预测值	15.64	16.27	16.50	17.35	17.57	17.89	17.73	17.61	
第五步	实测值	15.73	16.24	16.73	17.58	18.44	18.15	18.05	17.60	3.88%
	预测值	16.22	16.87	17.49	18.53	18.84	18.71	18.65	18.57	
第六步	实测值	16.00	16.84	17.23	18.06	18.24	18.01	17.87	17.23	6.51%
	预测值	17.48	17.95	18.25	18.64	19.23	19.17	19.01	18.82	

从文物楼沉降预测值与实测值比较可以看出,采用基于遗传神经网络预测方法所得到的预测值与实测值吻合较好,该预测模型具有较高的预测精度,能满足工程实际应用的要求,及时地预测基坑土方开挖中文物楼的沉降变化情况,有力地指导了基坑工程的施工。

基坑施工完毕,文物楼的沉降情况见图1。最大沉降值为21.74 mm,发生在基坑土方开挖完毕的第2天,坑底有隆起现象,底板浇筑完毕,文物楼的沉降略有减小,文物楼的沉降随着支护结构与底板施工完毕而趋于稳定。

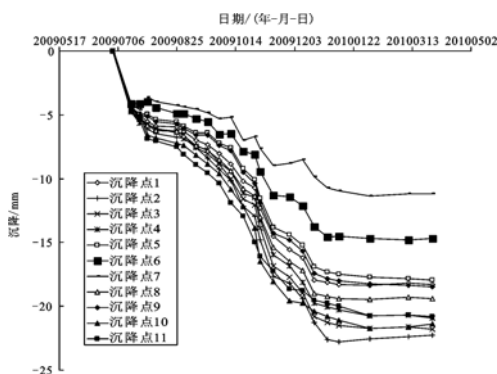


图1 文物楼沉降监测结果

### 3 结论

1)在基坑施工中,必须严格遵守降水设计方案中的运行要求,不能一步降到开挖深度,应做到“按需降水,动态控制”,采取回灌措施能减少因降水引起的坑文物楼的不均匀沉降。

2)在降水阶段应对坑周边文物楼进行沉降观测,防止因止水帷幕漏水而造成周边建筑物地基水土流失,从而引起的坑周边文物楼产生的不均匀沉降,造成文物楼损坏。

3)在基坑监测过程中,采用适当的方法对坑外地表沉降进行估算,为设计单位调整基坑方案提供参考。遗传-神经网络模型能够较好地预报基坑开挖中文物楼的沉降变化情况,该模型预测精度较高,

预报值与实测值吻合较好,具有实用性价值,为及时掌握基坑开挖中文物楼的沉降状况提供了较有力的计算工具,对基坑工程开挖具有指导作用。

### 参考文献

- [1] 王浩然,王卫东,徐中华. 基坑开挖对邻近建筑物影响的三维有限元分析[J]. 地下空间与工程学报, 2009,5(S2):1512-1517.
- [2] 尹盛斌,丁红岩. 软土基坑开挖引起的坑外地表沉降数值分析[J]. 岩土力学, 2012,33(4):1210-1216.
- [3] 雷明峰,彭立敏,施成华,等. 长大深基坑施工围岩动态变形规律[J]. 铁道科学与工程学报, 2010,7(1):52-58.
- [4] 蔡建鹏,黄茂松,钱建固,徐中华. 基坑开挖对邻近地下管线影响分析的 DCFEM 法[J]. 地下空间与工程学报, 2010,6(1):120-124.
- [5] 李守涛,刘宗仁,杨力良. 深基坑开挖周边土体沉降形态的模拟研究[J]. 低温建筑技术, 2007,29(1):103-105.
- [6] 聂宗全,张尚根,孟少平. 软土深基坑开挖地表沉降评估方法研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(8):1218-1223.
- [7] 张尚根,陈志龙,曹继勇,深基坑开挖引起的地表沉降分析[J]. 岩土工程技术, 1999,13(4):7-9.
- [8] 孙海涛,吴限. 深基坑工程变形预报神经网络法的初步研究[J]. 岩土力学, 1998,19(4):63-68.
- [9] 李立新,王建党,李造鼎. 神经网络模型在非线形位移反分析中的应用[J]. 岩土力学, 1997,18(2):62-66.
- [10] 王锦山. 基于神经网络深基坑排桩支护及地表沉降研究[J]. 沈阳工业大学学报, 2001, 23(1):79-82.
- [11] 赵其华. 地连墙变形的神经网络多步预测研究[J]. 成都理工学院学报. 2002 29(5)581-585.
- [12] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用[M]. 上海:复旦大学出版社,1993.
- [13] 玄光男,程润伟. 遗传算法与工程设计[M]. 北京:科学出版社,1998.