

DOI: 10.11779/CJGE2014S2083

# 某深基坑安全开挖引起临近建筑物较大沉降的实例分析

閻 超<sup>1</sup>, 刘秀珍<sup>2</sup>

(1. 武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430070; 2. 中机三勘岩土工程有限公司, 湖北 武汉 430030)

**摘要:** 在基坑开挖过程中确保周边建筑物的变形和沉降在安全范围是基坑支护体系的重要使命。结合一开挖深度约12.6 m深基坑施工过程中的现场监测结果, 分析了深基坑开挖导致临近建筑物沉降变形的发展过程, 及其与地质条件、基坑开挖施工工序、支护结构水平位移、邻近建筑物的基础型式之间的关系。结果表明, 支护桩间水土流失及不当的施工工序是诱发临近浅基础建筑沉降过大的根本原因。强大的支护体系、有效的止水帷幕和正确的施工工序是控制该类深基坑开挖工程对邻近建筑物影响的关键。

**关键词:** 深基坑; 开挖; 临近建筑物; 沉降; 监测

中图分类号: TU473.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2014)S2-0479-04

**作者简介:** 閻 超(1982-), 男, 湖北随州人, 毕业于中国地质大学(武汉)工程地质专业, 目前从事岩土工程设计和施工工作。E-mail: shy809@foxmail.com。

## Case study of settlement of adjacent buildings caused by excavation of a deep foundation pit

XIA Chao<sup>1</sup>, LIU Xiu-zhen<sup>2</sup>

(1. Wuhan Geological Prospecting & Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan 430070, China; 2. China Machinery TIDI Geotechnical Engineering Co., Ltd., Wuhan 430030, China)

**Abstract:** During the excavation process of foundation pits, it is an important mission for the supporting system to ensure the deformation and settlement of the surrounding buildings. Based on the field monitoring results of a deep foundation pit with excavation depth of about 12.6 m during construction process, the development process of the induced settlement and deformation of the adjacent buildings is analyzed as well as its relationship with the geological conditions, excavation construction sequence, horizontal displacement of supporting structures and the basic types of neighboring buildings. The results show that the soil loss between supporting piles and improper construction sequence are the basic reason for large settlement of the adjacent buildings with shallow foundations. Powerful supporting system, effective water curtain and correct construction sequence are the key to control the influence of deep excavation on the adjacent buildings.

**Key words:** deep foundation pit; excavation; adjacent building; settlement; monitoring

## 0 引言

随着城市建设步伐的加快, 土地资源日益紧张、稀缺, 建筑物周边环境随之变得越来越复杂, 基坑支护工程面临着愈加严峻的考验。随着旧城改造工程增多, 如何保护基坑周边既有建筑、管线、道路的安全, 是基坑支护工程的重要使命。近年来, 深基坑支护体系失稳、坍塌造成周边建筑损坏的工程事故时有发生; 深基坑支护体系变形过大导致临近建筑物变形损坏的工程事故也有报道。相比而言, 深基坑支护体系变形均在限值范围以内、基坑自身稳定, 而邻近建筑物却发生大变形损坏的案例并不多见<sup>[1]</sup>。

本文结合湖北省仙桃市一深厚软土深基坑的施工及监测实例, 分析了在场地周边环境复杂的特定情况

下, 基坑自身安全开挖而邻近建筑物发生沉降的原因, 旨在为其它类似工程提供指导、借鉴作用。

## 1 工程概况

该项目位于湖北省仙桃市大新路中段东侧, 由一栋26层公寓楼、2~3层商铺、5层商业综合体及整体2层地下室组成。主楼及纯地下室均采用直径为500 mm的预应力管桩基础。基坑开挖深度12.65 m, 基坑形状大致呈矩形。基坑轴线尺寸约为114 m×78 m。

拟建工程周边环境复杂。北侧红线外紧临若干3层砖房; 东侧红线外是学校的操场; 东南角分布有1

栋5层学生宿舍楼,砖混结构。南侧红线外有4~5层居民楼,砖混结构。西侧红线外是大新路人行道,为城市主干道。基坑周边环境及监测点布置如图1。临近建筑物方位、名称、结构型式及地基基础型式如表1所示。

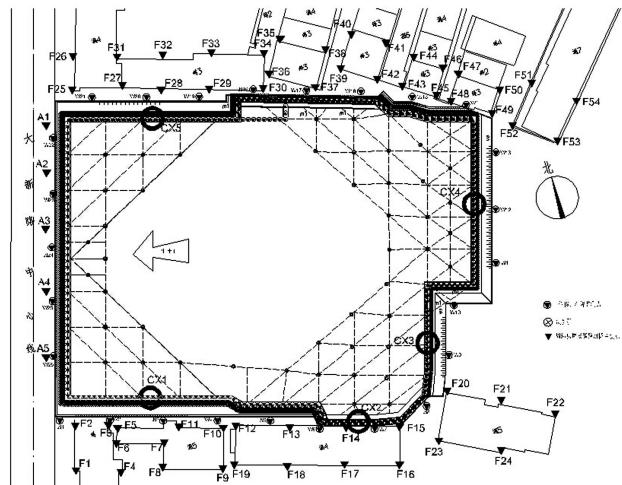


图1 基坑周边环境及监测点布置图

Fig. 1 Surrounding environment of foundation pit and layout of monitoring points

## 2 支护形式的确定

### 2.1 地质水文参数

拟建场地地貌单元属江汉冲积平原。基坑设计土

表1 基坑临近建筑物情况

Table 1 Situations of adjacent buildings of foundation pit

编号	结构形式	层数	基础形式	距离支护桩 最近距离/m	最大沉降 /mm	最小沉降 /mm
北侧	1 砖混	4	毛石基础	7.5	39.1	33.6
	2 砖房	3	毛石基础	2.0	56.3	25.4
	3 砖房	3	毛石基础	2.0	94.7	63.3
	4 砖房	3	毛石基础	4.5	101.3	64.6
	5 砖混	6	毛石基础	7.5	64.6	59.3
	6 砖房	3	毛石基础	5.6	81.4	59.3
	7 砖房	3	毛石基础	2.0	78.9	67.1
	8 砖混	7	条形基础	10.0	34.8	21.9
南侧	1 砖混	5	沉管灌注桩基础	5.2	55.1	36.9
	2 砖混	4	沉管灌注桩基础	1.0	89.8	57.1
	3 砖混	5	沉管灌注桩基础	7.5	94.5	54.8
西侧	4 砖房	1	无基础	5.5	44.2	28.5
	大新路			2.5	83.2	51.9

表2 基坑设计土层参数一览表

Table 2 Design parameters of foundation pit

层序	土层名称	土层厚度/m	层面埋深/m	重度/(kN·m <sup>-3</sup> )	c/kPa	$\varphi$ /(°)	$E_s$ /MPa	$f_{ak}$ /kPa
①	杂填土	0.3~3.1	—	18.0	10	14.0	—	—
②	粉质黏土夹粉土	0.8~3.6	0~3.0	17.8	15	8.0	4.5	85
③	淤泥质粉质黏土	5.8~12	1.6~5.1	17.0	12	5.0	3.0	60
④	黏土	0.9~2.6	10.4~14.0	18.5	26	14.5	7.5	155
⑤	黏土	4.4~6.7	11.7~14.9	19.4	30	16.0	11.0	260
⑥	粉质黏土夹粉砂	8.0~11.2	17.7~19.8	18.0	21	12.0	6.0	115

层参数见表2。

构成本基坑坑壁的土层主要有:第①层杂填土,第②层粉质黏土夹粉土,第③层淤泥质粉质黏土,第④层黏土,第⑤层黏土。坑壁主要为第③层淤泥质粉质黏土,强度较低,易产生触变和流动破坏,对基坑开挖不利。基坑底一般座落在③层④层土中。

根据勘察报告,本基坑开挖时对基坑有影响的地下水主要为上层滞水。上层滞水赋存于第①层杂填土中,主要受地表水和大气降水补给影响,水量较小。

### 2.2 地下水治理

基坑上层滞水采取土钉挂网喷砼进行封堵,坡面设置排水管、泄水孔进行导流;坡顶、坡底设置排水沟进行疏导与明排;对于②层粉质黏土夹粉土和③层淤泥质粉质黏土中的水则需要采用侧壁止水、隔渗措施。支护桩间设置高压旋喷桩止水,支护桩外设置2~3排水水泥土搅拌桩止水帷幕,采取双重止水隔渗措施,确保桩间不流土、流水,以免对周边建筑物造成沉降、位移破坏。

## 3 支护结构设计

根据相关规范要求,本基坑重要性等级为一级<sup>[2]</sup>。土压力标准值采用朗肯理论公式分层计算,支护体系极限平衡按等值梁法计算,弹性抗力按m法计算。设

计结果如下：

### (1) 排桩+支撑支护结构

排桩采用钻孔灌注桩, 桩径  $\phi 1200\sim 1500$  mm, 间距  $1500\sim 1800$  mm, 计算桩长  $21\sim 29$  m。

排桩顶设置冠梁，兼作支撑围囹梁。

支撑采用钢筋砼桁架角撑，支撑杆件尺寸 1000 mm×800 mm、750 mm×800 mm、600 mm×650 mm。支撑中心标高在地面下 2.9 m。角撑立柱桩采用  $\phi 1000$  钻孔灌注桩，桩长 12 m。

## (2) 止水隔滲措施

本基坑止水的重点是②层粉质黏土夹粉土中的粉土和③层流塑状的淤泥质粉质黏土。采用双层止水隔渗帷幕：在支护桩间设置高压旋喷桩，再在支护桩后设置双排水泥土搅拌桩，桩长均要求穿透③层淤泥质软土。考虑到②层土中夹的粉土极易流失，距离建筑物稍远的段设置水泥土搅拌桩加固支护桩与建筑物之间的浅层土体；距离建筑物太近的剖面段支护桩桩顶提高至地面以下 0.5 m。搅拌桩水泥掺入量不小于 15%，高喷桩水泥掺入量不小于 25%。

内支撑平面布置见图 2。支护典型结构剖面详见

图 3。

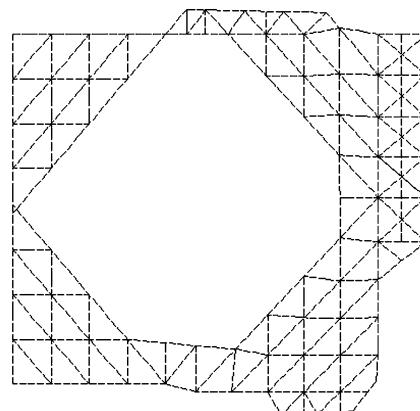


图 2 内支撑平面布置图

Fig. 2 Layout of internal bracing

## 4 现场监测及分析

#### 4.1 监测数据分析

基坑在开挖过程中进行了监测，并通过监测数据指导基坑工程施工的全过程。按照基坑重要性等级，

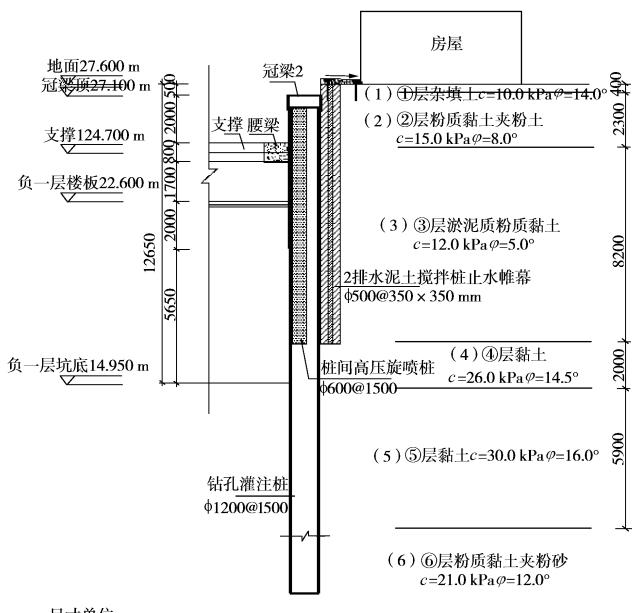
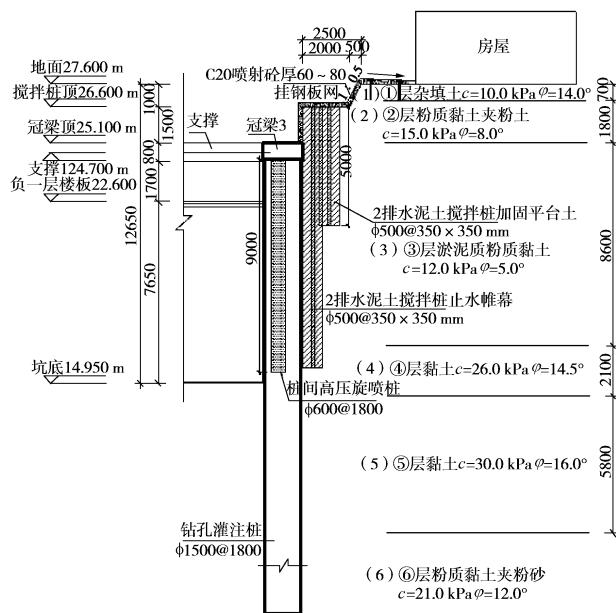


图 3 支护设计典型结构剖面图

Fig. 3 Typical structural profile of supporting design

表 3 支护结构与周边建筑物位移与沉降对比

Table 3 Comparison of displacement and settlement of supporting structures and surrounding buildings

剖面段	冠梁		支护桩 深测位移/mm	周边建筑物		
	最大位移 /mm	最大沉降 /mm		最大沉降 /mm	最小沉降 /mm	单栋建筑物最大差 异沉降/mm
北侧	35.0	8.1	9.7	101.3	25.4	40.0
南侧	29.0	6.2	7.8	94.5	28.5	39.0
西侧	32.0	8.2	8.6	83.2	51.9	道路

一共布设了支撑轴力监测点 25 个、支护桩测斜孔 5 个、基坑顶位移、沉降监测点 26 个、周边房屋监测点 54 个、道路沉降监测点 5 个。鉴于篇幅所限, 本文主要进行临近建筑物的沉降及其相关的深层水平位移的监测结果分析。基坑监测布置图如图 1 所示。

基坑于 2013 年 7 月开始挖, 2013 年 10 月开挖至坑底标高, 2013 年 12 月地下室施工至负一层楼板, 换撑完毕, 基坑支护桩及冠梁位移与基坑周边建筑物位移对比如表 3。

从表 3 可见: 基坑周边建筑物累计沉降介于 25.4 mm~101.3 mm, 同一栋建筑最大差异沉降达到 40 mm, 导致周边房屋地坪及墙体出现裂缝; 而冠梁的最大累计沉降仅 8.1 mm, 最大累计位移为 35 mm; 支护桩深测位移累计最大达 9.7 mm; 钢筋应力计测试成果表明支撑梁应力变化幅度均较小, 且处于设计值的 80% 以内。以上监测结果表明, 支护结构在基坑开挖过程中变形及受力情况良好, 达到预期目标是, 但周边建筑物及道路最大位移均超出预期范围。

#### 4.2 建筑物沉降变形过大原因分析

根据监测数据反应的信息, 结合施工工序和开挖过程中对突发事故的处理方法, 分析基坑周边建筑物出现较大沉降和变形的原因归结如下:

##### (1) 支护桩施工过程中对土体的破坏

南侧混 4 层房屋距离支护桩仅 1 m, 虽然施工中成桩采用了隔桩跳打的模式, 但是过近的距离依然对既有建筑物基础产生了影响。在支护桩成桩过程中此处房屋的沉降已经累计达到 30 mm。安全的施工距离对保护既有建筑物起到至关重要的作用。

##### (2) 桩顶及桩间土的水土流失

由于施工工序的安排问题, 部分止水帷幕没有闭合。北侧开挖段在土体开挖至地面以下 4.0 m 时局部桩侧发生了流砂现象, 判定为第②层粉质黏土夹粉土中的粉土流出, 导致邻近房屋发生较大沉降。施工方为了阻止桩间流土在基坑没有回填的情况下实施注浆处理, 导致此段房屋快速发生不均匀沉降、地坪隆起等破坏。虽然流土情况最终及时封堵住, 但已对临近建筑物的沉降变形造成较大影响。

东北侧混 5 房屋在开挖支撑与底板之间的土体时, 桩顶发生生活用水排放漏水现象, 桩间土局部被冲刷洗空, 导致此处房屋沉降加大。水封堵以后, 变形趋于稳定。

##### (3) 局部开挖过深、过快

本项目岩土工程条件差, 尤其是侧壁土为深厚淤泥质土, 应严格按照分层分段的开挖原则执行, 且每次开挖厚度不宜超过 1.0 m。土方开挖过程中, 由于工期紧、土方开挖管理不当, 局部开挖过快、过深, 没有按照分层、分段步骤有序进行, 甚至出现局部一次开挖到底的现象, 导致基坑周边建筑物出现短时间内沉降加剧等险情, 基坑被迫回填。待沉降稳定后再分片、分层开挖。

## 5 结 论

结合本项目深基坑开挖导致临近建筑物沉降破坏的实测分析, 得出以下结论, 供工程人员参考。

(1) 支护体系的稳定, 确保了基坑开挖期间地下室的安全开挖和顺利施工; 保护了坑内工程桩。

(2) 深厚软土且夹粉土、粉砂地层、邻近建筑物密集的深基坑工程, 有效的止水、隔水措施是基坑成败的关键。

(3) 不同的基础型式, 对于由深基坑开挖引起建筑物地基变形的抵抗能力不同。桩基础明显优于毛石基础; 建筑物的结构类型对其抗变形开裂的能力也不同, 砖混结果明显优于砖结构, 在建筑物不均匀沉降量基本相同的情况下, 砖混结构的开裂情况明显好于砖结构。

(4) 合理的施工工序、谨慎的施工作业是实现设计目标的前提。

(5) 新建地下室与既有建筑之间应预留安全施工距离。

## 参 考 文 献:

- [1] 史春乐, 王鹏飞, 王小军, 等. 深基坑开挖导致临近建筑群大变形损坏的实测分析[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(增刊 1): 512~518. (SHI Chun-le, WANG Peng-fei, WANG Xiao-jun, et al. Field monitoring analysis of damage of building due to large deformation caused by adjacent deep excavation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(S1): 512~518. (in Chinese))
- [2] DB42/T 159—2012 基坑工程技术规程[S]. 2012. (DB42/T 159—2012 Technical specification for excavation engineering[S]. 2012. (in Chinese))