

文章编号:1671-0118(2005)02-0106-05

# 基坑开挖对近邻建筑物沉降影响的数值模拟

赵延林<sup>1,2</sup>, 高全臣<sup>2</sup>, 衡朝阳<sup>3</sup>

(1.黑龙江科技学院 建筑工程学院,哈尔滨 150027; 2.中国矿业大学 力学与建筑工程学院,北京 100083;  
3.中国建筑科学研究院,北京 100013)

**摘要:**基坑开挖引起的近邻建筑物沉降变形是多种因素耦合作用的结果,现有的计算理论很难考虑这种多因素的耦合作用。针对这一问题,采用大型工程软件FLAC-2D对土钉墙支护形式下基坑开挖引起的近邻建筑物沉降问题进行了数值模拟分析,得出了一些基本结论:基坑开挖深度较小时,建筑物的绝对沉降量随基坑开挖深度的增加而接近线性增加,并受建筑物层数的影响较大;建筑物的不均匀沉降随基坑开挖深度的增加而增加,但增加量随建筑物距基坑距离的增加而减小;建筑物的倾斜方向随建筑物与基坑距离的增加由背离基坑方向转变为朝向基坑方向等。

**关键词:**基坑; 沉降; 数值分析

**中图分类号:** TU473.2

**文献标识码:** A

## Numerical analysis of effects about sedimentation deformation of nearby building created by excavation of foundation pit

ZHAO Yanlin<sup>1,2</sup>, GAO Quanchen<sup>2</sup>, HENG Chaoyang<sup>3</sup>

(1. Civil Engineering College, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China;  
2. China University of Mining and Technology, School of Mechanics, Architecture & Civil Engineering, Beijing 100083, China;  
3. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The sedimentation deformation of nearby buildings due to excavation of foundation pit occurs as the result of coupling action of some effects. The difficulty in applying the current computational theory to handling the coupling action of some effects led to the attempt to apply large-scale engineering software FLAC-2D to numerical analysis of the sedimentation deformation of nearby building created by excavation of foundation pit under the support form of soil nail. Practices lead to some conclusions: In case of a smaller excavation depth, the absolute sedimentation deformation of building increases linearly with the increase of excavation depth and is subjected to a greater influence by building layers; the non-uniform sedimentation deformation of building increases with the increasing excavation depth, but the recruitment reduces with the increasing distance of buildings. The inclined direction of building changes from facing the foundation pit to deviating the foundation pit, and so on.

**Key words:** foundation pit; deformation; numerical analysis

## 0 引言

基坑开挖必然引起近邻建筑物发生沉降变形<sup>[1]</sup>。如

果建筑物发生不均匀沉降,建筑物的结构就会产生相应的反应。若不均匀沉降太大,建筑物可能产生裂缝、倒塌等一系列问题。如果不均匀沉降不大,但绝对沉降较大,也可能对基坑附近的市政工程产生不利影响,如地下管网设施破坏等。所以,基坑近邻建筑物的绝对沉

降、不均匀沉降都是工程施工中应十分关注的问题<sup>[2,3]</sup>。

基坑开挖引起的邻近建筑物沉降变形是多种因素耦合作用的结果,现有的计算理论很难考虑这种多因素的耦合作用<sup>[4]</sup>。近年发展起来的基于计算机的数值模拟方法是分析基坑变形的一种有效方法,文中应用大型工程软件 FLAC-2D,采用弹塑性大变形理论,对土钉墙支护形式下基坑开挖引起的邻近建筑物沉降问题进行了数值模拟分析。

## 1 工程简介

### 1.1 工程概况

北京市某小区三期工程地上为 3 层幼儿园、附属用房和其他 1、2 层建筑,地下为 2 层车库。该工程北侧紧邻小区主要道路,距南侧坑边 3.0 m 有一单层厂房,距西侧坑边 13.0 m 有一栋 7 层楼房。

### 1.2 工程地质概况

该工程场地地貌位属永定河冲积扇的中下部,拟建场区地形基本平坦,地面绝对标高在 32.86~34.43 m,表层为人工填土,其下为一般第四纪沉积层。场地土层自上而下分别为:(1)粉质黏土素填土,层底标高 30.44~33.00 m;(2)杂填土,层底标高 31.74~33.90 m;(3)粉质黏土,层底标高 29.81~32.09 m;(4)黏质粉土-砂质粉土,层底标高 26.09~29.35 m;(5)黏质粉土-砂质粉土,层底标高 24.89~27.90 m;(6)粉质黏土,层底标高 17.84~19.61 m;(7)粉细砂,厚度 0.80~4.50 m;(8)砂质粉土-黏质粉土,厚度 0.30~3.50 m;(9)黏土,厚度 0.50~1.80 m;(10)细中砂,层底标高 13.6~17.3 m。

### 1.3 水文地质概况

该场地地下水的勘察实测情况为:第一层为上层滞水,水位标高 26.73~32.50 m(埋深 0.70~6.50 m);第二层为潜水,水位标高 23.15~23.49 m(埋深 9.95~10.60 m)。

### 1.4 基坑支护形式

根据此工程的特点,西侧基坑采用土钉墙支护形式,如图 1 所示。土钉墙按 1:0.2 放坡。土钉墙支护结构

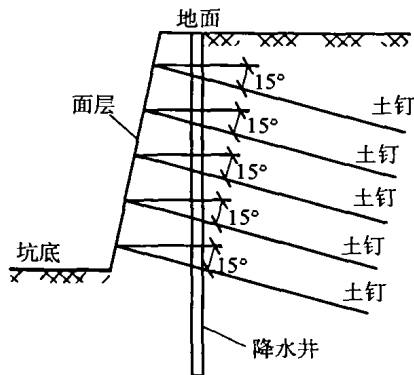


图 1 土钉支护剖面

Fig. 1 Section of supporting form of soil nail

布设 5 层土钉。其水平间距均为 1.5 m,垂直间距均为 1.4 m。混凝土面层厚度为 80~100 mm,强度等级为 C20,钢筋网片为  $\phi 6@200 \times 200$ 。

## 2 数值模拟

### 2.1 方案设计

为了便于比较,进而得到基坑开挖对邻近建筑物沉降变形影响的一般规律,这里选择了三种分析方案:

方案一:基坑周边无建筑物。

方案二:基坑周边有一栋 7 层建筑物。选择其距基坑 8、13、18 m 的三种情形,分别进行模拟分析。

方案三:基坑周边有一栋 12 层建筑物。选择其距基坑 8、13、18 m 的三种情形,分别进行模拟分析。

### 2.2 计算参数的选择

#### 2.2.1 土层参数

土层参数如表 1 所示。

表 1 土层参数

Table 1 Parameter of soil

| 土层名称      | 厚度 /m | 黏聚力 c/kPa | 内摩擦角 $\phi/(^\circ)$ | 弹性模量 E/MPa | 泊松比 $\nu$ | 密度 $\rho/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$ |
|-----------|-------|-----------|----------------------|------------|-----------|-------------------------------------------|
| 填土        | 0.8   | 15        | 26                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 粉质黏土      | 0.7   | 18        | 15                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 黏质粉土-砂质粉土 | 6.0   | 15        | 26                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 粉质黏土      | 1.1   | 20        | 15                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 砂质粉土-黏质粉土 | 1.4   | 15        | 26                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 粉细砂       | 1.9   | 0         | 30                   | 35         | 0.3       | 20                                        |
| 粉质黏土      | 2.5   | 18        | 15                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 细中砂       | 4.1   | 0         | 35                   | 40         | 0.3       | 20                                        |
| 粉质黏土      | 3.0   | 18        | 15                   | 20         | 0.4       | 20                                        |
| 黏质粉土-砂质粉土 | 3.4   | 15        | 26                   | 20         | 0.4       | 20                                        |

#### 2.2.2 土钉和面板强度参数

土钉强度参数如表 2 所示,土钉墙面层强度参数如表 3 所示。

表 2 土钉参数

Table 2 Parameter of soil nail

| 土层  | 标高/m  | 长度/m | 直径/mm | 钢筋直径/mm | 角度/ $^\circ$ |
|-----|-------|------|-------|---------|--------------|
| 第一层 | 32.85 | 7.5  | 120   | 18      | 15           |
| 第二层 | 31.45 | 8.8  | 120   | 18      | 15           |
| 第三层 | 30.05 | 8.8  | 120   | 18      | 15           |
| 第四层 | 28.65 | 8.8  | 120   | 18      | 15           |
| 第五层 | 27.25 | 6.0  | 120   | 18      | 15           |

表 3 土钉墙面板参数

Table 3 Parameter of soil nail surface

| 参数项 | 厚度/mm | 钢筋直径/mm | 钢筋间距/mm | 混凝土等级 |
|-----|-------|---------|---------|-------|
| 数值  | 80    | 6       | 200     | C20   |

### 2.3 计算模型的选择

整个模拟过程按平面应变问题考虑,采用弹塑性大变形理论,破坏准则为摩尔-库仑准则。

### 2.4 计算网格及结构单元

以基坑的垂直中轴线为对称轴,根据对称性,取基坑的一半进行分析。基坑开挖的影响范围:水平方向取 $5H$ ,竖直方向取 $3H$ ( $H$ 为基坑开挖深度)。网格尺寸为 $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ ,共划分单元网格7110个,如图2所示。图中1、2点为建筑物基础沉降观测点。

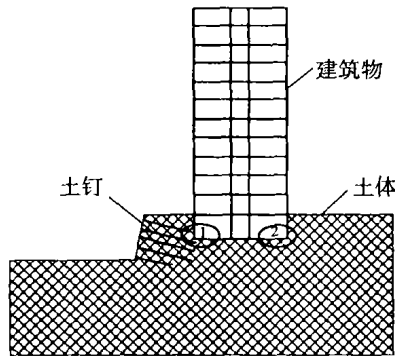


图2 计算网格及结构单元

Fig. 2 Calculating mesh and unit of structure

基坑周边建筑物的框架梁和柱由 Beam 单元生成,建筑物与土体的接触面用 Interface 命令设定。土钉由 Cable 单元生成,面板由 Beam 单元生成。

### 2.5 初始条件及边界条件的确定

用 Initial 命令设置土体的初始应力状态,静止土压力系数取0.5。左、右边界采用滚轴支座,只约束 $x$ 方向的位移;底部边界也采用滚轴支座,只约束 $y$ 方向的位移;上部边界设为自由边界。

### 2.6 基坑开挖过程的模拟

- (1)设置土体的初始应力状态和边界条件,进行计算。
- (2)构建建筑物,进行计算。
- (3)把全部单元和节点的位移和速度初始化为零。
- (4)开挖过程的模拟。整个基坑开挖和土钉支护的模拟分6步进行,每步开挖1.5 m,在每步完成后进行计算。

## 3 数值模拟结果与分析

### 3.1 基坑周围地表的沉降

由图3、4可知,在土钉墙支护形式下,当基坑周围无建筑物时,距基坑较近的坑边土体随基坑的开挖发生向上的位移。这主要是由坑底土体回弹所引起的。随着与基坑距离的增加,土体位移逐渐转变为向下的沉降位移,并在一定范围内随与基坑距离的增加而增加;基坑周围地表的沉降区不在坑边,而在离基坑的一定位置。

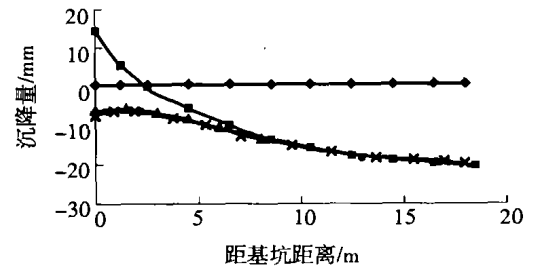


图3 基坑周围地表沉降曲线(7层建筑物)

Fig. 3 Sedimentation curves of ground surface around foundation pit (building of 7 layers)

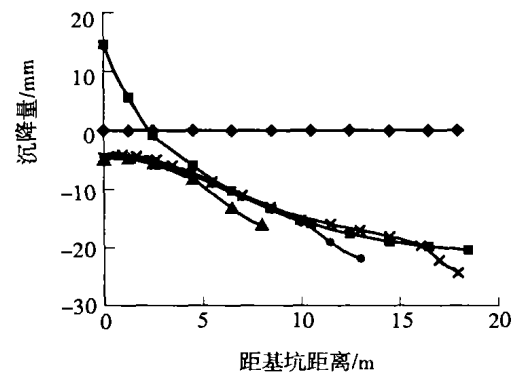


图4 基坑周围地表沉降曲线(12层建筑物)

Fig. 4 Sedimentation curves of ground surface around foundation pit (building of 12 layers)

当基坑周围有建筑物时,建筑物的存在使基坑周围的土体在竖直方向只发生向下的沉降位移,最大沉降区的位置与无建筑物时的情况相近,但其地表最大沉降量比无建筑物时有所增加。在该例中,7层建筑物与基坑之间的地表沉降与无建筑物的情况相近,12层建筑物与基坑之间的地表最大沉降量比7层建筑物的情况增加了17.5%。

### 3.2 邻近建筑物的绝对沉降

由于基坑周围地表沉降的最大沉降区在距基坑一定距离处,故在一定范围内,建筑物基础的测点1的沉降量随建筑物与基坑距离的增加而增加,而与基坑相距8、13、18 m三种情况下的建筑物基础的测点2都落在最大沉降区内,沉降曲线十分接近,随距离的变化不大。同时,建筑物的绝对沉降量随基坑开挖深度的增加而呈线性增加,如图5~8所示。

建筑物的层数对建筑物的绝对沉降影响较大,表4给出了该例中12层建筑物相对于7层建筑物基础沉降量增加量的百分比。

### 3.3 建筑物的不均匀沉降

建筑物的不均匀沉降随基坑开挖深度的增加而增

表 4 7 层和 12 层建筑物的沉降对比

Table 4 Contrast of sedimentation between 7 layers building and 12 layers building

| 观测位置 | 建筑物与基坑距离 |       |      |
|------|----------|-------|------|
|      | 8 m      | 13 m  | 18 m |
| 测点 1 | 21.7     | 18.70 | 19.2 |
| 测点 2 | 21.3     | 22.75 | 22.8 |

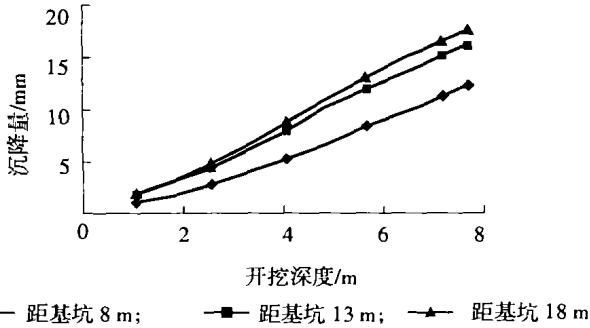


图 5 7 层建筑物测点 1 的沉降曲线

Fig. 5 Sedimentation curves of measuring point 1 of 7 layers building

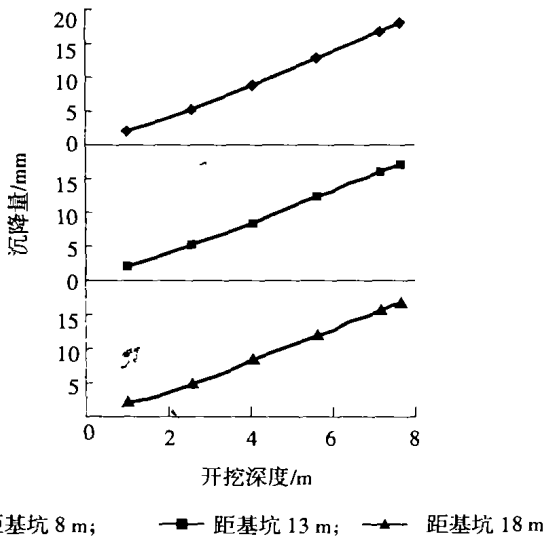


图 6 7 层建筑物测点 2 的沉降曲线

Fig. 6 Sedimentation curves of measuring point 2 of 7 layers building

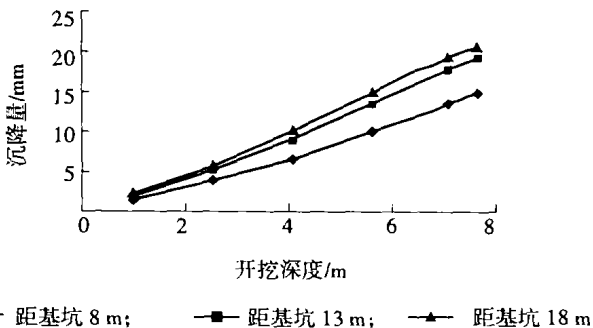


图 7 12 层建筑物测点 1 的沉降曲线

Fig. 7 Sedimentation curves of measuring point 1 of 12 layers building

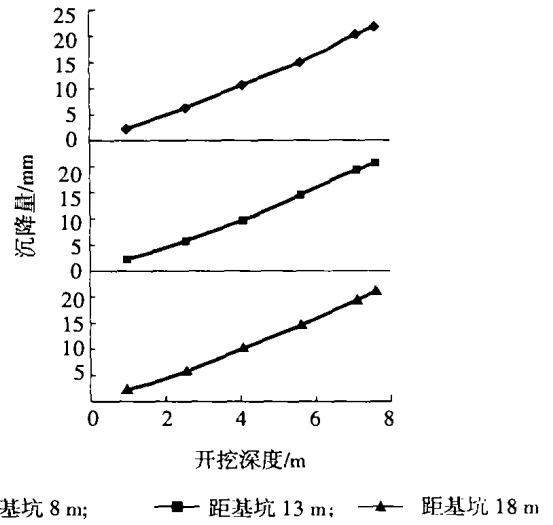


图 8 12 层建筑物测点 2 的沉降曲线

Fig. 8 Sedimentation curves of measuring point 2 of 12 layers building

加,但增加量随建筑物距基坑距离的增加而减小,建筑物的倾斜方向随建筑物与基坑距离的增加由背离基坑方向转变为朝向基坑方向,如图 9、10 所示。

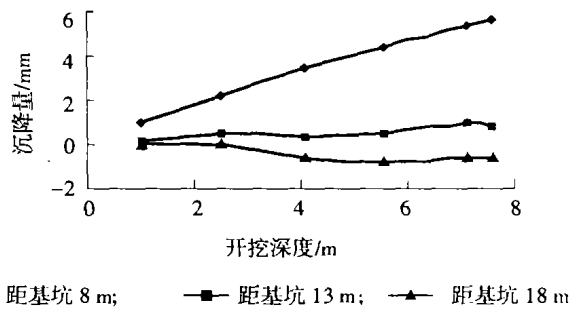


图 9 7 层建筑物基础不均匀沉降曲线

Fig. 9 Differential sedimentation curves of foundation of 7 layers building

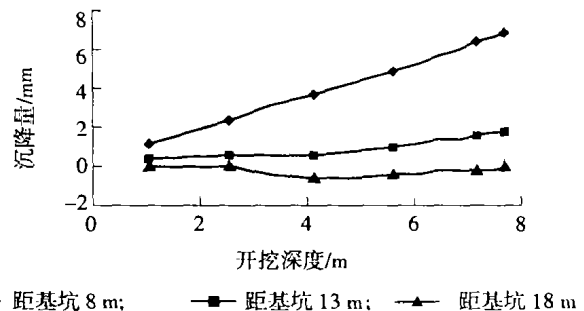


图 10 12 层建筑物基础不均匀沉降曲线

Fig. 10 Differential sedimentation curves of foundation of 12 layers building

在该例中,距基坑 8 m 的建筑物的不均匀沉降量随基坑开挖深度增加而增加的速率最大,倾斜方向为背离基坑方向;距基坑 13 m 的建筑物的不均匀沉降量随基坑开挖深度的变化不大,倾斜方向为背离基坑方向;距基坑 18 m 的建筑物的不均匀沉降量随基坑开挖

深度增加由正值变为负值,发生符号的变化,表示建筑物的倾斜方向由背离基坑方向转变为朝向基坑方向。

## 4 结 论

(1)基坑开挖深度小于8 m时,建筑物的绝对沉降量随着基坑开挖深度的增加而接近于线性增加。

(2)建筑物的绝对沉降量受建筑物层数的影响较大。

(3)建筑物的不均匀沉降随基坑开挖深度的增加而增加,但增加量随建筑物距基坑距离的增加而减小。

(4)建筑物的倾斜方向随建筑物与基坑距离的增加由背离基坑方向转变为朝向基坑方向。

(5)基坑周围地表的最大沉降区不在坑边,而在离基坑的一定位置。这主要与地质条件及支护形式有关。

(6)距基坑较近的坑边土体可能发生向上的回弹位移,建筑物的存在增加了基坑周围地表的沉降。

### 参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 高文华,杨林德,沈蒲生.基坑变形预测与周围环境保护.岩石力学与工程学报,2001,20(4):555-559.
- [3] 丁仁锦.深基坑施工对邻近建筑影响的分析及对策.福建建设科技,2001,1:4-5.
- [4] 王广国,杜明芳,侯学渊.深基坑的大变形分析.岩石力学与工程学报,2000,19(4):509-512.

作者简介:赵延林(1971-),男,山东省莱阳市人,黑龙江科技学院土木工程系讲师,中国矿业大学(北京)硕士研究生,研究方向:深基坑支护工程,E-mail:zhao\_yan\_lin@sina.com。