

# 多支撑基坑周围土体变形的计算

屈 纲

(株洲市市政建设重点工程指挥部办公室, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 利用弹性理论对深基坑周围的应力状态变化进行了分析; 基于分层总和法, 推出了深基坑周围土体的水平位移和沉降计算的解析算式。为验证方法的可行性, 对某工程实例进行了计算, 计算结果与实测结果吻合较好。

**关键词:** 多支撑; 基坑; 弹性理论; 土压力

**中图分类号:** TU472

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)05-0015-03

## Calculation on Deformation of Soil Surrounding Foundation Pits with Multi-Braced

Qu Gang

(Zhuzhou Municipal Office Headquarters Building Key Projects, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** The variation in stress state of soils surrounding deep foundation pits is analyzed by elastic theory, and based on layer-wise summation method, a series of analytical formulae, the horizontal displacement and settlement of soils surrounding deep pits are derived. To prove the feasibility of the proposed method, an engineering case is calculated by using this method, the results show that the calculating values and the measured values are agree with well.

**Key words:** multi-braced; foundation pits; elastic theory; earth pressure

在深基坑开挖中, 对基坑周围土体的水平位移及沉降的计算是当前岩土工程界讨论的一个热点。由于深基坑工程的复杂性, 在实践中存在着实践超越理论的现象, 特别是深基坑的变形问题, 计算与实践往往相差较远。目前, 深基坑研究的一个重要手段是实验研究, 实验研究主要是靠现场基坑的实测, 量测支护结构的倾斜和位移, 根据实测数据反馈设计, 以寻找完善的设计方法。

本文在适当假定的基础上, 利用弹性理论, 首先计算了基坑从开挖到开挖终了时基坑周围土中应力的变化, 然后利用分层总和法, 得出了坑周土体的水平位移及沉降的表达式, 由此对上海某工程实例进行了计算, 计算结果与实测结果吻合较好。由于该计算方法较为简单, 因而便于工程应用。

## 1 基本理论及公式推导

### 1.1 基本假设

1) 假想坑周土体是理想弹性体;

2) 假设土压力为三角形分布, 如果是成层土或者有地下水, 则利用加权平均将土压力转化成三角形分布, 当土为粘性土时, 采用等值内摩擦角<sup>[1]</sup>计算土压力系数;

3) 假设基坑长宽尺寸均很大, 忽略空间效应影响, 为了分析基坑开挖前后土中应力的变化, 以围护结构的顶点为圆心, 以超出变形影响范围适当的距离为半径, 在坑周土体中画圆弧  $BC$ , 如图 1 所示。

很显然, 可将  $BC$  弧以外的土体看成是固定不动的, 这样, 基坑周围土体中应力变化量的计算就转化

收稿日期: 2007-08-21

作者简介: 屈 纲 (1972-), 男, 湖南长沙人, 株洲市市政建设重点工程指挥部办公室工程师, 主要从事土木工程项目管理工作。



$$\begin{cases} \varepsilon_x = -\frac{\mu(1+\mu)}{E} (24Ax+8By); \\ \varepsilon_y = -\frac{1-\mu^2}{E} (24Ax+8By). \end{cases} \quad (13)$$

1.4 基坑周围土体的水平位移及沉降计算

由前人的测试结果及理论分析, 设开挖影响范围的边界线方程为  $x_2+y_2=H_0^2$  (如图 1 中  $EF$  弧), 其中  $H_0=H\tan\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)$ ,  $H$  为墙高。由式 (13), 同时利用分层总和法可得基坑周围土体的水平位移  $S_1$  及基坑周围沉降  $S_2$  分别为:

$$S_1 = \sum \varepsilon_{yi} \Delta y_i = \int_0^{\sqrt{H_0^2-x^2}} \frac{1-\mu^2}{E} (24Ax+8By) dy, \quad (13)$$

$$S_2 = \sum \varepsilon_{xi} \Delta x_i = -\int_0^{\sqrt{H_0^2-y^2}} \frac{\mu(1+\mu)}{E} (24Ax+8By) dx, \quad (14)$$

积分式 (13)、(14) 得:

$$S_1 = \frac{1-\mu^2}{E} \left[ 24Ax\sqrt{H_0^2-x^2} + 4B(H_0^2-x^2) \right], \quad (15)$$

$$S_2 = \frac{\mu(1+\mu)}{E} \left[ 12A(H_0^2-y^2) + 8By\sqrt{H_0^2-y^2} \right]. \quad (16)$$

2 工程实例

文献[3]中的新上海国际大厦, 基坑开挖深度为 13.4 m, 本工程采用厚为 800 mm, 墙高为 26 m 的地下连续墙作围护, 既挡土又挡水, 基坑平面为 72 m × 76 m, 南面与正在施工的银都大厦相距只有 8 m, 基坑内设三道支撑。本工程地下水位较高, 一般为 -0.8 m, 根据文献[3]测得基坑周围土性指标的加权平均值为: 重度  $\gamma = 17.6 \text{ kN/m}^3$ , 内摩擦角为  $\varphi = 11.6^\circ$ , 压缩模量为  $E_s = 3.2 \text{ MPa}$ , 粘聚力  $c = 9.7 \text{ kPa}$ , 静止土压力系数为  $k_0 = 0.49$ , 开挖终了时, 设作用在墙上的土压力为主动土压力, 且将粘聚力折算成等值内摩擦角  $\varphi_D$ , 按照无粘性土计算三角形土压力可得土压力系数为  $k = 0.66$ , 根据上海土质情况及工程经验, 计算时取土的泊松比  $\mu = 0.35$ , 取地下连续墙与土之间的内摩擦角  $\delta = \varphi_D/3$ ; 因地下水位仅在地面下 0.8 m 处, 在计算时, 设墙全部受到水压力作用, 则在计算土压力时取  $\gamma = 7.6 \text{ kN/m}^3$ 。按本文提出的计算方法获得的计算结果见表 1、表 2。

表 1 水平位移结果

Table 1 Results of horizontal displacement

方 法	离坑边距离 / m									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
本文计算方法	7.2	20.9	34.2	46.5	57.5	66.7	73.5	76.9	75.4	67.9
文献[1]方法—实测东边墙	10		36.3		60.5		70.4		81.5	
文献[1]方法—实测南边墙	20		45.1		69.3		83.1		89.4	

表 2 沉降计算结果

Table 2 Calculated results of settlement

方法	离坑边距离 / m									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
本文沉降计算结果	39.6	39.9	39.6	38.5	36.6	34.0	30.5	26.2	20.9	14.5

由表 1 可以看出, 本文计算结果与文献[3]实测东边墙结果很接近, 但与文献[3]实测南边墙的结果相差稍大, 主要是因为本工程南边在离基坑仅 8 m 处有超载作用, 而本文未考虑超载, 因而使得计算位移比实测位移小; 由表 2 可看出, 基坑周围地表的最大沉降并不在基坑边缘, 而是在离基坑边缘约 2.0 m 处, 这主要是由于地下连续墙对土的约束所致。

3 结论

1) 基于弹性理论对基坑周围土体的应力状态进行了分析, 获得了基坑周围土体的水平位移与沉降的表达式, 由此得出的计算结果与实测结果很接近, 且比有限元及其它方法简单, 便于工程应用。

2) 本文方法同样适用于基坑周围地面不是水平的情况。另外, 只要对应力函数作适当修改, 就可用来求解基坑周围地面有超载情况。

参考文献:

[1] 余志成. 深基坑支护设计与施工[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.  
 [2] 徐芝纶. 弹性力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979.  
 [3] 赵锡宏. 高层建筑深基坑维护工程实践与分析[M]. 上海: 同济大学出版社, 1996.  
 [4] 朱彦朋. 特种结构[M]. 上海: 同济大学出版社, 2005.  
 [5] 谭幽燕, 陈 维. 深基坑支护结构的设计与讨论[J]. 工业建筑, 1998, 28(9): 14-17.