

文章编号:1671-6833(2011)06-0042-04

基坑降水引起的周边建筑物直接损失预测

宋建学¹, 宋丹举², 郑仁清³

(1. 郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州工业贸易学校, 河南 郑州 450007; 3. 郑州大学综合设计研究院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 为了预测基坑降水引起的周边建筑物直接损失, 提出环带分析法确定地面沉降和沉降梯度; 用S型曲线拟合建筑物直接损失率与地面沉降梯度之间的关系, 并用实例验证预测模型的适用性. 随着与基坑边壁距离增加, 地面沉降梯度总体上呈递减趋势, 但当环带中心位置自然水位处于不同土层界面时, 沉降梯度会发生突变. 基坑降水引起的相邻建筑物直接损失随水位降深增大总体上呈上升趋势, 但当受水位和土层特殊分布位置关系影响时, 损失曲线会有波动.

关键词: 土木建筑工程施工; 基坑; 降水; 直接损失; 沉降梯度

中图分类号: TU46+3

文献标志码: A

0 引言

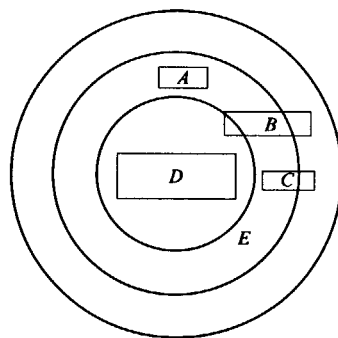
基坑降水可能引起周边地面沉降, 导致相邻建筑物损坏, 因此有必要研究相邻建筑物直接损失(简称损失)预测方法, 为降水方案的选择提供依据.

基坑降水导致的周边地面沉降与降水方式、井位布置、土层分布、岩性参数、地面工程结构物形式、超载大小等多种因素有关, 但总体来说, 等沉降曲线与降水漏斗面相关, 大体呈同心圆分布. 基于这种认识, 笔者的总体思路是: 将受基坑降水影响的周边地面划分成适当宽度的“环带”, 如图1所示. 根据文献[1]的方法确定降低后的水位分布和每一个环带中心位置处的地面沉降, 再确定相邻环带间的沉降梯度. 定义建筑物的直接经济损失量与其现有价值的比值为直接损失率(λ). 然后, 根据历史案例分析, 建立地面沉降梯度与建筑物直接损失率之间的定量关系. 最终由各环带的沉降梯度确定基坑周边建筑物直接损失.

1 基坑周边地面沉降

1.1 基坑周边环带划分

以基坑几何中心为圆心, 将降水影响范围内地面划分成多个同心环带, 相邻环带半径分别增



A, B, C—基坑周边不同位置的建筑物; D—基坑; E—环带

图1 基坑周边环带划分示意图

Fig. 1 The Sketch of Donuts Analysis Algorithm

加一定值. 文献[1]研究表明: 基坑降水影响范围大体为水位降深的6倍以内. 环带数量越多, 计算量越大, 结果越精细. 考虑到直接损失预测工作的精度要求及计算工作量, 笔者取相邻环带半径增加值为 $0.2S_w$ (S_w 为基坑底面水位降深). 各环带的半径分别为 $R_i = i \cdot 0.2S_w$, 每个环带中心点距离基坑边壁的距离为 $D_i = [0.1 + 0.2(i-1)]S_w$ ($i = 1, 2, \dots, n$). 近似地, 将每一环带中心位置的计算水位作为整个环带的水位, 如图2所示.

1.2 地面沉降梯度

将每个环带内的水位视为相等(取环带中心处水位), 根据降水沉降计算模型^[1]确定各环带

收稿日期: 2011-05-08; 修订日期: 2011-08-13

基金项目: 郑州市第三批“科技领军人才”计划资助项目

作者简介: 宋建学(1967-), 男, 河南洛阳人, 郑州大学教授, 博士, 主要从事工程结构安全监测技术研究, E-mail: jx-song@zzu.edu.cn.

中心位置处的沉降,并以此作为整个环带的沉降量;相邻两个环带中心位置处沉降差与其距离的比值,定义为地面沉降梯度 G 。

$$G_i = \frac{S_i - S_{i+1}}{D_{i+1} - D_i} \quad (1)$$

式中: G_i 为 i 环的沉降梯度,取 i 与 $(i+1)$ 环之间沉降差与距离的比值,‰; S_i 为 i 环中心点的沉降,mm; D_i 为 i 环中心距基坑边壁的距离,m。

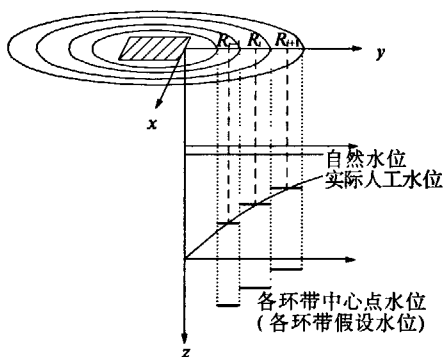


图2 环带计算水位示意图

Fig.2 Sketch of nominal water table

2 地面沉降梯度与建筑物直接损失

2.1 建筑物允许沉降差

国内外相关规范和标准分别给出了不同结构形式建筑物地基的变形允许值,笔者仅选取砌体结构作为研究对象,有关规范[2-4]对砌体结构地基变形允许值的规定如图3所示。

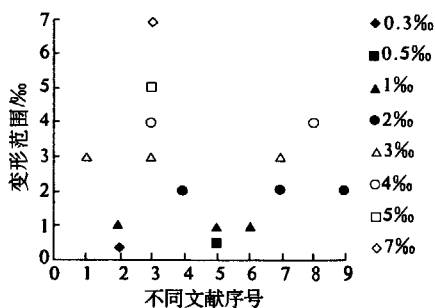


图3 砌体结构地基变形允许值

Fig.3 Deformation threshold for masonry structure

从图3看出,各个规范所规定的砌体结构地基变形允许值并不一致,但集中在0.3‰~7‰之间。偏于安全,笔者采用1‰作为基坑周边砌体结构地基变形的允许值。

2.2 地面沉降梯度与建筑物直接损失

为了确定建筑物直接损失率和地面沉降梯度之间的关系曲线,作如下假定:建筑物与其基础刚性连成一个整体,地面沉降梯度等于基础倾角的正切值,也等于建筑物整体倾角的正切值。收集近

年国内砌体结构变形与直接损失率关系案例^[5-7],通过归纳得到了3组关于建筑物倾斜率和直接损失率样本。

$$\begin{cases} G=0.017, \lambda=0.15 \\ G=0.045, \lambda=0.80 \\ G=0.056, \lambda=0.95 \end{cases}$$

根据实际情况,还可以确定该曲线的一些基本特征。

(1)当建筑物的变形在允许范围内($<1‰$)时,结构直接损失率在5%以内。

(2)当地面的沉降梯度 $G \rightarrow \infty$ 时,所对应的直接损失率趋于100%。根据笔者收集的数个案例,实际取地面沉降梯度 $G \geq 0.006$ 时,建筑物直接损失率达到100%,即 $\lambda = 1.0$ 。

(3)当地面沉降梯度小于允许值时,直接损失率增长速度缓慢;超过允许值后直接损失率增长加快。

根据上述曲线特征,可以选择S型曲线来描述地面沉降梯度与建筑物直接损失率的关系,其曲线形式如式(2)所示。

$$y = \frac{1}{a + be^{-x}} + c \quad (2)$$

根据曲线特征和历史样本,利用Powell优化算法来确定式(2)中的参数,得到砌体结构直接损失率预测公式如式(3)所示,曲线形状如图4所示。

$$y = \frac{1}{0.9692 + 30.4862e^{-100x}} - 0.0318 \quad (3)$$

式中: y , 建筑物直接损失率; x , 地面沉降梯度。

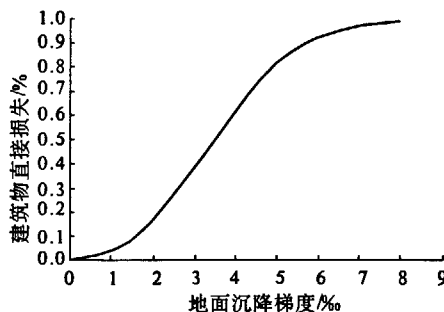


图4 建筑物直接损失率与地面沉降梯度关系曲线

Fig.4 Building loss percentage vs. settlement gradient

3 实证工程

3.1 工程背景

郑州大观国际二期工程位于未来路与商城路交叉口东北角,基坑周边建筑物情况如图5所示。建筑基坑大体呈梯形,南北方向长度约178.0 m,

东西方向宽度 115.0 ~ 145.0 m,开挖深度 10.35 ~ 10.95 m. 场地地下水位埋深 1.5 m,含水层综合渗透系数 0.51 m/d. 该工程采用轻型井点配合管井降水方法. 土层特征如表 1 所示.

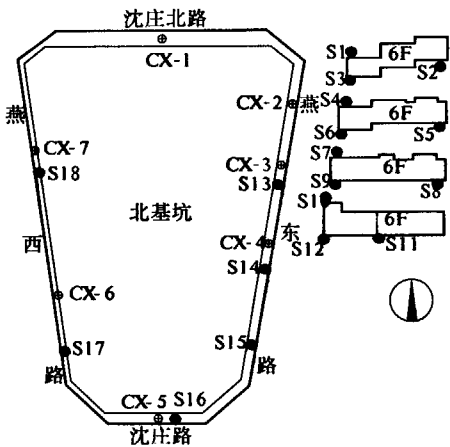


图 5 基坑周边建筑物分布
Fig.5 Ambient buildings of the pit

表 1 场地土层特征

Tab.1 Soil Parameters

层号	土层名称	压缩模量/MPa	层厚/m
1	杂填土		1.71
2	粉土	6.5	2.14
3	黏性土	4.2	1.41
4	粉土	8.1	1.81
5	黏性土	4.6	2.33
6	粉土	8.5	3.6
7	黏性土	4.2	3.83
8	黏土	14.0	1.01
9	黏性土	6.0	3.16
10	粉砂	20	1.16
11	细砂	30	9.45

3.2 沉降梯度计算

根据前文所述方法,得到各环带地面沉降梯度,如图 6 所示.

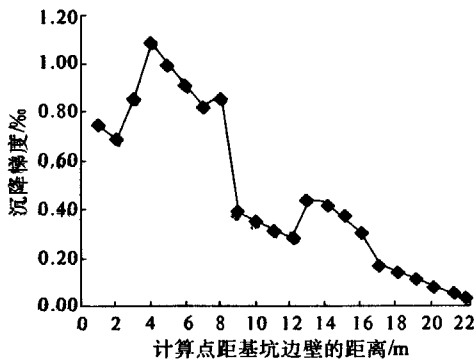


图 6 沉降梯度与距离的关系
Fig.6 Settlement gradient vs. distance to the pit

由图 6 可见,随着离基坑边壁距离的增加,沉

降梯度基本上呈递减趋势. 当各环带中心位置处的水位处于同一土层时,环带间的沉降差值较小,环带梯度随距离增加而减小;而当环带中心水位处于不同土层界面时,由于各土层压缩模量不同,沉降会有突变,导致沉降梯度产生跳跃. 从总体看,随着距基坑边壁距离的增加,各环带沉降梯度呈现波动式下降趋势.

3.3 降水引起的建筑物损失

确定地面沉降梯度后,需要确定建筑物的差异沉降和直接损失率. 为此我们做出如下假定:

- (1) i 环中心与 $i + 1$ 环中心之间的沉降梯度作为第 i 环中所有建筑物的沉降梯度.
- (2) 当建筑物跨越几个环带时,其沉降梯度取这些环中的最大值.

根据实证工程周边建筑物所处的环带,及各环带在不同降水深度条件下的地面沉降梯度,可得到各建筑物在不同水位降深下直接损失率. 将直接损失率与房屋现值的乘积作为建筑物的直接损失. 图 7 为各建筑物在不同水位降深下的损失,图 8 为基坑周边所有建筑损失总和.

从图 7 和图 8 可见,随着基坑降水深度的增加,无论单体建筑还是建筑群,直接损失总体呈增大趋势. 这一结果表明,在进行项目基坑方案设计时,需要对地下空间利用效益和风险进行综合评估,以实现最优的投资效益.

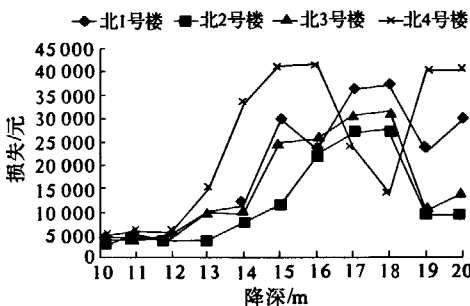


图 7 单体建筑在不同降深下的损失曲线
Fig.7 Single building loss vs. water depth

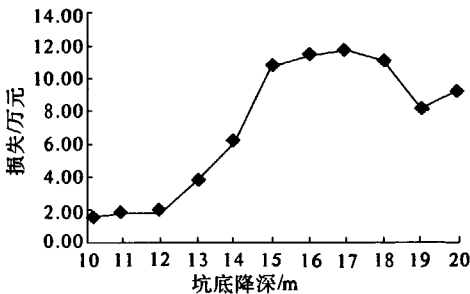


图 8 周边建筑总损失
Fig.8 Total building loss vs. water depth

另外,无论是单体建筑还是建筑群,随着降水深度的增加,降水引起的直接损失曲线会呈现出波动现象,表现为多峰状态下总体上升的趋势.分析这一现象发现,随着基坑降水深度的增大,就某一具体建筑而言,其地基中的人工水位可能大幅度下降,其结果有时反而可能导致地面沉降梯度减少.建筑物直接损失计算并不是以水位降深作为依据,而是以“地面沉降梯度”作为依据,在某一降深范围内,可能会出现建筑物损失随降水深度的增大而减少的“反常”现象.

4 结论

(1)可以将基坑周边地面划分为环带,通过水位、沉降、沉降梯度计算来研究降水对基坑周边建筑物的影响.

(2)随着距基坑边壁距离的增加,沉降梯度基本上呈现递减的趋势.当环带中心水位处于不同土层界面时,沉降梯度会发生突变.

(3)基坑降水引起的建筑物直接损失率与其位置的地面沉降梯度相关,两者关系可用S型曲线表达.

(4)基坑降水引起的相邻建筑物直接损失,随降水深度增加呈现多峰状态下总体上升的趋势.

需要说明的是,笔者建议的建筑物直接损失计算模型是针对砌体结构的,对于其他结构类型,还需要做进一步试验和研究.

参考文献:

- [1] 宋建学,周乃军,邓攀. 基坑降水引起的环境变形研究[J]. 建筑科学, 2006, 22(3): 26-31.
- [2] GB 50007—2009. 地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] DGJ 08-11—2010. 上海市工程建设规范·地基基础设计规范[S]. 上海: 上海市建筑建材业市场管理总站, 2010.
- [4] DB 22/45—2004. 贵州省建筑地基基础设计规范[S]. 贵阳: 贵州省建设厅, 2004.
- [5] 刘晓静. 河南信阳楼房倾斜30厘米, 五大责任主体验收合格[EB/OL]. [2010-12-22]. <http://news.sohu.com/20101022/n276251717.shtml>.
- [6] 美蕤. 拆除倾斜危房, 确保城中村居民安全.[EB/OL]. [2010-9-12]. http://news.yntv.cn/category/105/2008/09/02/2008-09-02_624240105.shtml.
- [7] 徐章龙. 地下修地铁, 地上“楼歪歪”. [EB/OL]. [2010-10-27]. <http://www.chinanews.com/estate/estate-tswq/news/2010/03-29/2195204.shtml>.

Prediction Algorithm on Direct Loss of Ambient Buildings of Pit Caused by Ground Water Pumping

SONG Jian-xue¹, SONG Dan-ju², ZHENG Ren-qing³

(1. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Zhengzhou Trade and Industry school, Zhengzhou 450001, China; 3. Designing Institute, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: For a construction pit, when ground water is pumped, the ambient ground sinks, and the buildings on it are damaged. The donut-Analysis method is suggested to calculate the surrounding settlement and settlement gradient. Then the function between settlement gradient and building loss percentage is put forward. Finally, a case study is carried out to verify the validity of the suggested algorithm. It is found that with the ground water depth increasing, the building loss increases at the same time. However, for a particular building, the loss does not always necessarily rise with the increase of water table depth.

Key words: civil engineering construction; pit; groundwater pumping; direct loss; settlement gradient