

DOI: 10.11779/CJGE2014S2070

既有地下结构对基坑位移的遮拦效应研究

刘 燕^{1,2}, 聂淑敏³, 刘 涛⁴

(1. 济南大学土木建筑学院, 山东 济南 250022; 2. 山东省城市地下工程支护及风险监控工程技术研究中心, 山东 济南 250022;
3. 济南大学资源与环境学院, 山东 济南 250022; 4. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘要:城市发展使得基坑工程周边环境越来越复杂, 既有地下结构物的保护问题已经引起很多工程界人士的重视, 但是既有结构物的存在也同样改变了基坑位移场, 因此, 在基坑开挖过程中应引起重视, 正确认识地下建筑物对位移场的遮拦作用对基坑支护设计时确定基坑的保护等级、施工过程中保护临近已建地铁车站及周围建筑的安全显然具有重要的意义。通过机理分析, 结合敏感性理论, 发现既有地下结构对基坑水平位移的遮拦效应明显, 特别是当地下建筑物与基坑围护墙间距在 $0.5H$ 时, 遮拦作用最为明显, 而当距离大于 $2H$ 后, 遮拦效应可以忽略。

关键词:基坑; 位移场; 地下建筑物

中图分类号: TU470 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2014)S2-0400-04

作者简介: 刘 燕(1978-), 女, 博士, 副教授, 主要从事地下工程方面的研究。E-mail: liuyan322@163.com。

Sheltering effect of existing subsurface structures on displacement of retaining wall of foundation pits

LIU Yan^{1,2}, NIE Shu-min³, LIU Tao⁴

(1. School of Civil Engineering and Architecture, University of Jinan, Jinan 250022, China; 2. Engineering Technology Research Center on Urban Underground Engineering Support and Risk Monitoring of Shandong Province, Jinan 250022; 3. School of Resources and Environment, University of Jinan, Jinan 250022, China; 4. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The urban development makes the surrounding environment more and more complex, and a lot of people pay their attention to protect the existing underground structures. However, the existence of the existing underground structures changes the displacement field. Therefore, the excavation process should be highlighted, and it is of great significance to correctly understand the sheltering effect of underground buildings on displacement field for determining the protection class of foundation pits for their supporting design and for protecting the safety of nearby metro stations and the surrounding buildings during the construction. Combining the sensitivity theory with the mechanism analysis, it is found that the sheltering effect is the most obvious when the spacing between the underground buildings and the retaining wall of foundation pits is $0.5H$, and it can be ignored when the distance is more than $2H$.

Key words: foundation pit; displacement field; underground building

0 引言

关于基坑施工的环境保护问题, 国内外有大量的研究。但大多是关于基坑周围地下管线、地铁隧道和高低层建筑桩基之类柔性结构物的研究, 关于地铁车站这样大刚度结构物的研究成果很少。随着轨道交通网络的延伸和扩展, 在已有地下建筑物(如地铁车站、地下室等)旁边开挖基坑的情况越来越多。基坑开挖对邻近地下建筑物的影响目前的研究已有不少, 也发展了不少针对邻近施工的先进的基坑施工工艺, 施工过程中一般也会严格控制基坑围护墙水平位移, 来减小对车站的影响, 但是地下建筑物并不是距离基坑越

近, 控制位移越严格, 而是有一个敏感区域, 但是这方面的研究尚不完善^[1]。

1 地下结构对基坑位移场的遮拦作用机理

基坑开挖卸荷围护墙体向坑内位移, 当插入比不够大时, 其墙后土体还会发生向坑内的塑性流动, 两

基金项目: 济南市科技计划资助项目(201201142); 国家自然科学基金项目(51208228)

收稿日期: 2014-07-28

者均会造成墙后土体损失, 上部土体会在自重的作用下对墙后损失进行补偿, 从而造成墙后土体存在水平向和竖向的位移。地下结构由于横向整体刚度较大, 会对土体位移产生反向的遮拦作用, 从而又反作用于基坑围护墙和坑内隆起^[2-4]。

这种遮拦作用将使得基坑围护墙体水平位移远远小于无地下建筑物的位移值。

1.1 工程背景

某工程基坑平行位于已运营车站南侧, 拟建车站结构与既有车站平行间距约 5 m, 地下一层共用一道地下连续墙。车站长 241.2 m, 主体结构宽 20.6 m, 端头井底板最大埋深 16.59 m, 标准段底板埋深 14 m。车站围护结构均采用厚 800 mm 的地下连续墙, 墙深 26 m。建立有限元模型分析地下建筑物的遮拦作用, 见图 1。

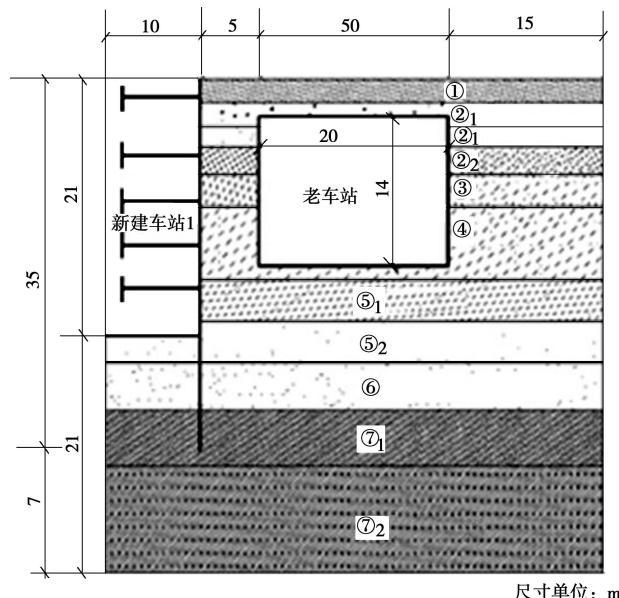


图 1 计算模型

Fig. 1 Computational model

1.2 不同间距遮拦效应分析

图 2 是支护结构在不同工况、不同土体宽度下的变形图。

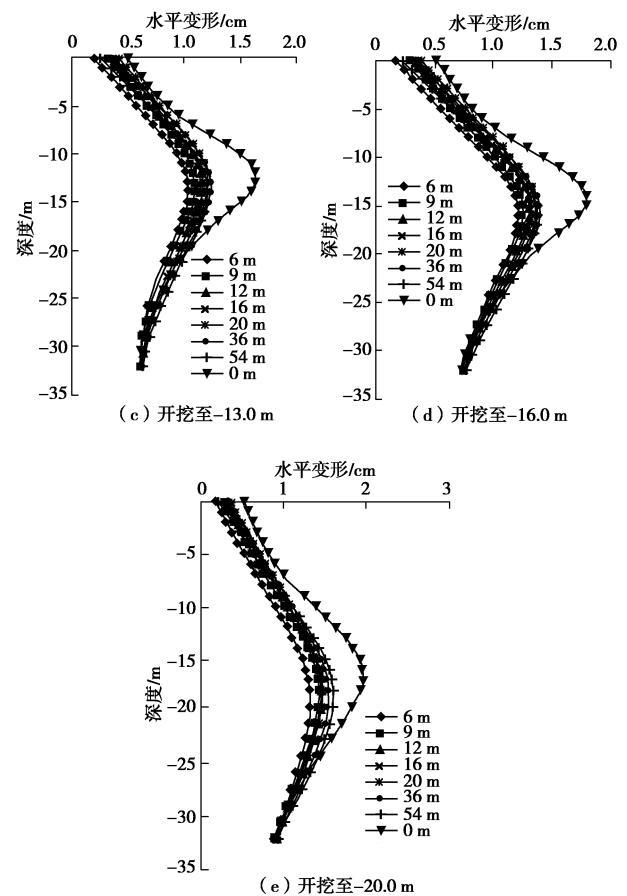
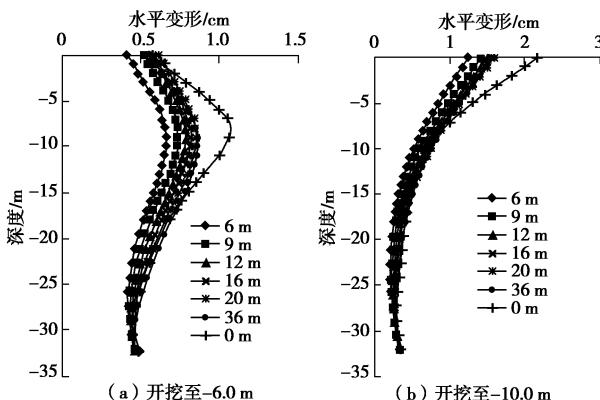


图 2 支护结构变形图

Fig. 2 Deformation of retaining structures

图 2 中曲线的 6, 9 m 分别表示地下构筑物与基坑的距离为 6, 9 m, 0 m 表示无地下建筑物时情况, 其它类似。从图中可以看出, 由于地下建筑物的存在, 对基坑围护结构水平变形有一定的影响。尤其是支护结构的最大变形值影响较大。地下建筑物与基坑支护结构距离越小, 地下建筑物的遮拦效应越明显, 围护结构产生的水平位移越小。

分别取老车站距离基坑地墙的间距为 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 m, 开挖到底 (20 m) 时其间距与新建基坑地墙最大水平变形之间的关系见图 3。

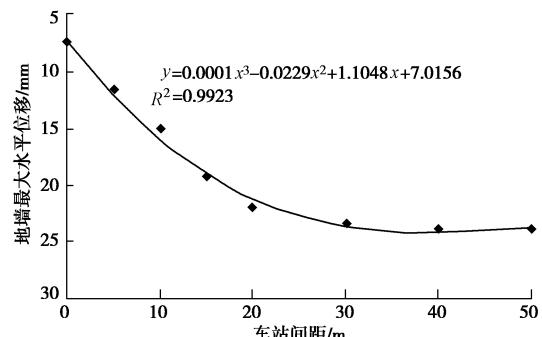


图 3 基坑地墙最大水平变形与间距的关系图

Fig. 3 Relation between maximum horizontal deformation and spacing of wall of foundation pit

2 间距对围护墙水平变形的敏感性分析

借助系统分析中的敏感性分析方法, 探求间距变化老车站对基坑地墙变形的遮拦效果。

设有一系统, 其系统特性 P 主要由 n 个因素 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 所决定

$$P = f(a_1, a_2, \dots, a_n)。 \quad (1)$$

在某一基准状态 $a^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$ 下, 系统特性为 P^* 。分别令各因素在其各自可能范围内变动, 分析由于这些因素的变动, 系统特性 P 偏离基准状态 P^* 的趋势和程度, 这种分析方法称为敏感性分析^[5-6]。通过将各物理量进行无量纲化处理, 可以定义敏感度函数^[5]:

$$S(k) = \frac{\left| \frac{\Delta P}{P^*} \right|}{\left| \frac{\Delta a_k}{a_k^*} \right|}, \quad (2)$$

$$P^* = f(a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*) \quad (k=1, 2, \dots, n)。 \quad (3)$$

从上式中可以看出, 敏感度函数的计算与参数基准值密切相关。取老车站地墙与新建基坑地墙间距的基准值为 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 m 得到 $d_{\max}/d_{\max}^*, l/l^*$ 的关系分别见图 4。

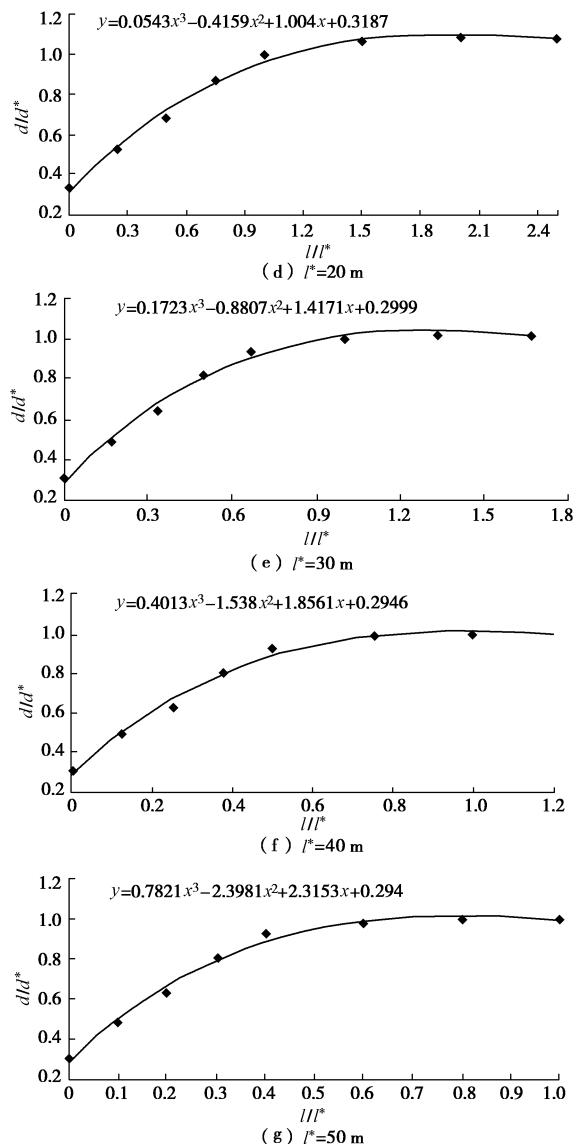
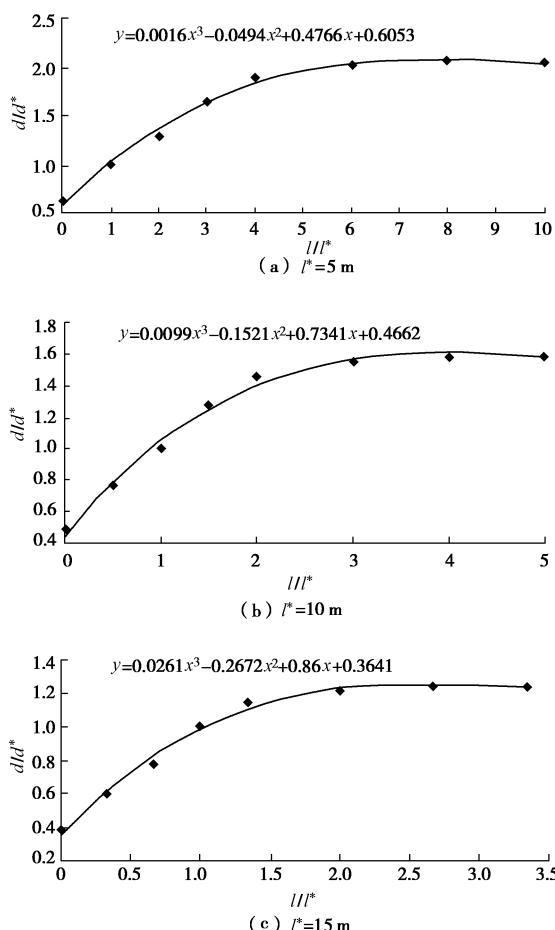


图 4 $d_{\max}/d_{\max}^*, l/l^*$ 的关系

Fig. 4 Relation between d_{\max}/d_{\max}^* and l/l^*

图 4 中, $l^*=5 \text{ m}$ 时, 由曲线拟合可以得到:
 $y=0.0016x^3-0.0494x^2+0.4766x+0.6053$ 。由此可以得到 l 的敏感度函数为

$$S(l) = |y'| = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta y}{\Delta x} \right| = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left| \frac{\left(\frac{\Delta d_{\max}}{d_{\max}^*} \right)}{\left(\frac{\Delta l}{l^*} \right)} \right| = |0.0048x^2 - 0.0988x + 0.4766|。 \quad (4)$$

由式 (4) 可知, 当 $l^*=5 \text{ m}$ 时, l 的敏感度因子为 $S(l^*)=0.3826$, 意味着参数 l 的相对误差 d 将引起车站最大水平位移有 $0.3826d$ 的相对误差。同理, 可以得到 l^* 取 10, 15, 20, 30, 40 和 50 m 时, l 的敏感度因子分别为 0.4593, 0.4039, 0.3351, 0.1726, 0.0819, 0.1346。 $l^*=40 \text{ m}$ 时, 参数 l 的敏感度因子最小, 可以认为在老车站地墙与新建基坑地墙间距大于 40 m 时,

可忽略地下构筑物存在对基坑的影响,由此,可把 $2H$ (基坑开挖深度)作为地下构筑物的存在对基坑垂直位移影响的边界推荐值。而当距离为 $0.5H$ 时地下车站对基坑围护墙的水平变形的遮拦效应是最显著的。各不同基准值的敏感度因子见表 1。

表 1 各不同基准值的敏感度因子

Table 1 Sensitivity factors under different reference values

l^*/m	水平位移影响系数	地墙沉降影响系数
5	0.3826	0.5033
10	0.4593	1.6507
15	0.4039	0.9020
20	0.3351	0.2620
30	0.1726	0.5856
40	0.0819	0.0762
50	0.1346	0.1794

3 结 论

(1) 通过前面的分析不难看出,在软土地区当地下建筑物与基坑围护墙间距在 $0.5H$ 时,遮拦作用最为明显,因此此时应严格控制基坑开挖过程中围护墙体变形,并合理确定施工报警值和设计等级。

(2) 而当距离大于 $2H$ 后,地下建筑物对基坑围护墙体的遮拦效应可以忽略。

(3) 考虑这种遮拦作用的基坑设计模式需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘 燕. 地铁换乘枢纽后建车站施工影响研究[D]. 上海: 同济大学, 2007. (LIU Yan. Study on construction influence

of station built behind the metro transfer hub[D]. Shanghai: Tongji University, 2007. (in Chinese))

- [2] 王洪新. 基坑施工对紧邻的正在运营的地铁车站的影响及其相应的变形控制技术研究[D]. 上海: 同济大学, 2003. (WANG Hong-xin. Influence for the construction of foundation pit to adjacent metro station being operated and study of its corresponding deformation control technology[D]. Shanghai: Tongji University, 2003. (in Chinese))
- [3] 王毅斌. 平行换乘节点车站变形控制研究[D]. 上海: 同济大学, 2005. (WANG Yi-bin. Deformation control study of parallel transfer node station[D]. Shanghai: Tongji University, 2005. (in Chinese))
- [4] 董海斌. 平行地铁车站施工中的相互影响研究[D]. 上海: 同济大学, 2004. (DONG Hai-bin. Study of interaction in the construction of parallel metro station[D]. Shanghai: Tongji University, 2004. (in Chinese))
- [5] 章 光, 朱维申. 参数敏感性分析与试验方案优化[J]. 岩土力学, 1993, 14(1): 51 - 58. (ZHANG Guang, ZHU Wei-shen. Parameter sensitivity analysis and test scheme optimization[J]. Rock and Soil Mechanics, 1993, 14(1): 51 - 58. (in Chinese))
- [6] 朱维申, 章 光. 节理岩体参数对围岩破损能区影响的敏感性分析[J]. 地下空间, 1994, 14(1): 11 - 12. (ZHU Wei-shen, ZHANG Guang. Sensitivity analysis of jointed rock parameter to influence of surrounding rock damaged area[J]. Underground Space, 1994, 14(1): 11 - 12. (in Chinese))

(本文责编 胡海霞)