

相邻基坑相互影响的数值分析

张军, 李昌辉, 罗朝荣

(长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 随着城市地下工程建设的不断发展, 邻近深基坑施工的相互影响越来越突出。文中结合长沙市南湖地铁站基坑和邻近高层建筑深基坑施工, 通过三维数值模拟邻近基坑在不同条件下开挖的施工过程, 分析邻近深基坑施工中应力场和位移场的相互影响, 通过分析施工先后顺序及基坑间距等因素的影响, 对相邻基坑围护结构受力变形及周围土体变形进行分析。

关键词: 地下工程; 相邻基坑; 变形性状; 相互影响; 数值分析

中图分类号: U455

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)02-0141-06

近年来, 地铁及各类地下商场、地下通道、地下停车场等同时建设的现象越来越多, 由于城市地铁和地下空间的开发都处在商业中心地带, 建筑物密集, 地铁深基坑与邻近建筑物近距离施工相互影响, 可能影响既有建筑物的正常使用。

针对基坑开挖引起的应力场和位移场变化, Mana A. L. 分析了围护结构最大水平位移与基坑开挖深度及坑底土体抗隆起安全系数的关系; 刘建航等的研究表明深基坑开挖未设置支撑的时间、基坑的空间尺寸等都会影响基坑的稳定性; 刘燕分析了邻近基坑开挖对老车站地连墙沉降的影响; 李志高等分析发现既有基坑的存在会对新开挖基坑位移场产生一定遮挡作用; 高广运等指出地基加固和地下结构物对邻近基坑开挖产生的位移传递具有阻断作用; 吴水根等指出开挖对围护结构及土体的影响深度约为 2 倍开挖深度, 土体及围护结构的最大位移随着开挖深度的增大而增大, 最大位移点逐渐下移, 位移曲线近似呈弓形; 张启斌等研究发现基坑开挖卸荷后, 基坑外侧土体无论土的类别及历史成因如何, 其三轴试验的抗剪强度指标均有所降低; 刘锡儒等指出基坑分区开挖能控制地铁隧道的变形; 张国庆等分析发现随着深基坑开挖深度的增大, 周边建筑的沉降增加, 但开挖到一定深度后变形不再增大; 谢沃等认为数值模型能较好地反映基坑变形特性。该文以两邻近基坑开挖为研究对象, 通过三维数值分析, 探讨施工先后顺序及基坑间距等对相邻基坑变形的影响。

1 工程概况

长沙市南湖路地铁站基坑与某大型写字楼基

坑最近距离为 10 m。车站基坑全长 191.9 m, 深度 21.96~23.75 m, 两端头井宽度为 22.8 m, 标准段宽度为 18.9 m。两基坑的位置关系见图 1、图 2。

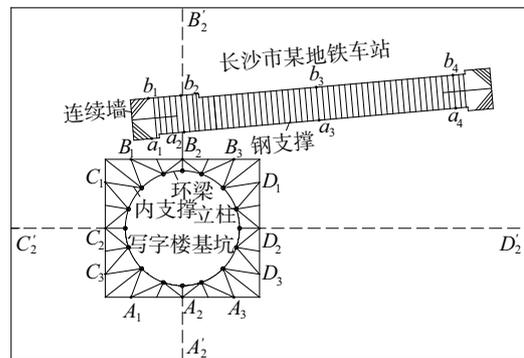


图 1 两基坑位置平面图

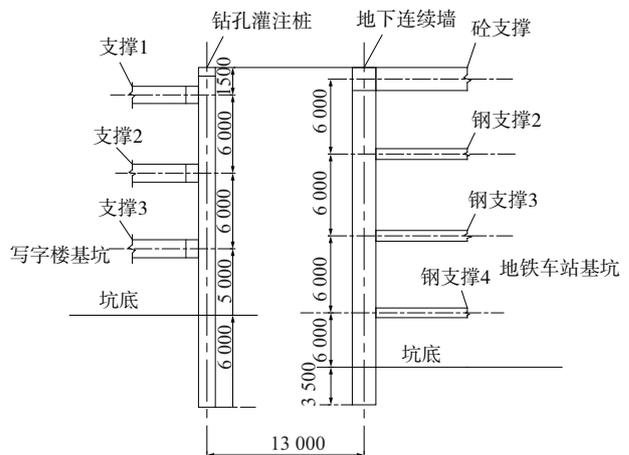


图 2 两基坑位置剖面图 (A_2-B_2 截面, 单位: mm)

根据勘察报告, 地下水主要集中在卵石层中。各层土的主要物理力学指标见表 1。

车站支护结构采用地下连续墙+内支撑, 地下连续墙厚度为 1 000 mm、深度为 25 m, 车站内支撑

表1 土层的物理力学性质

土层号	土层名称	厚度/m	重度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	渗透系数/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	粘聚力/ /kPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)	压缩模量/ /MPa	静止侧压力系数
1	杂填土	6.05	19.2	3.005×10^{-5}	12	10.0	6.7	0.55
2	粉质黏土	3.55	20.2	2.300×10^{-6}	38	16.0	8.9	0.23
3	卵石	6.50	21.5	2.894×10^{-2}	4	35.0	35.0	0.40
4	粉质黏土	6.05	22.0	1.300×10^{-6}	37	14.0	7.5	0.47
5	泥质粉砂岩	4.00	21.0	5.300×10^{-6}	80	33.5	180.0	0.36
6	泥质粉砂岩	—	23.4	—	100	34.5	500.0	0.36
7	砾岩	—	24.0	—	120	34.5	3 500.0	0.36

采用钢支撑和砼支撑。写字楼基坑采用环梁、立柱、内支撑、围檩的支护形式。

2 基坑开挖数值模拟

利用有限元软件 MIDAS GTS 建立三维数值计算模型,根据实际开挖过程设置不同施工工况,本构关系采用莫尔-库伦模型。

2.1 有限元几何模型的建立

建模时, x 、 y 、 z 轴方向取基坑深度的3倍,靠近开挖区域内的土体网格划分较密,远离开挖区域的土体网格划分稀疏(见图3)。土体采用实体单元,地下连续墙采用板单元,钢支撑采用桁架单元,砼支撑采用梁单元。计算参数采用勘察报告中的数值。

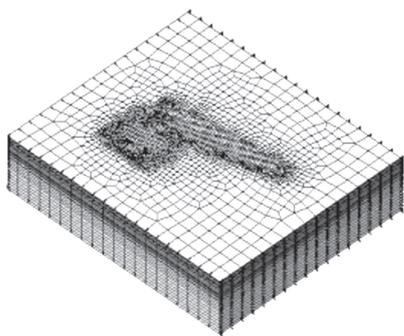


图3 基坑数值计算几何模型

2.2 数值分析方法

设置2种工况分析两基坑开挖过程中的相互影响:1)车站基坑为既有基坑,只考虑写字楼基坑的开挖;2)考虑两基坑先后施工,车站基坑先于写字楼基坑开挖,两基坑间距分别为8、13、18、23 m。

2.3 计算结果分析

2.3.1 既有基坑对新建基坑围护结构水平位移的影响

如图4所示,写字楼基坑远侧 A_1 、 A_2 、 A_3 点的

水平位移大于近侧 B_1 、 B_2 、 B_3 点的水平位移;写字楼基坑远侧围护结构发生正的水平位移指向坑内,近侧围护结构发生负的水平位移指向坑外;写字楼基坑两侧土压力不一致。

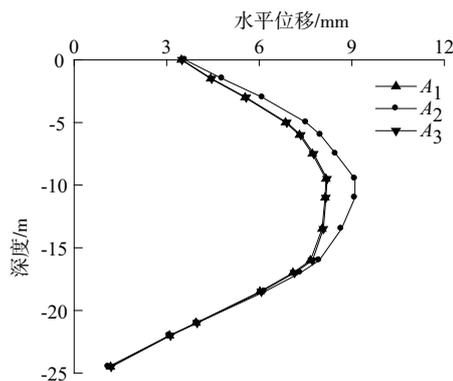
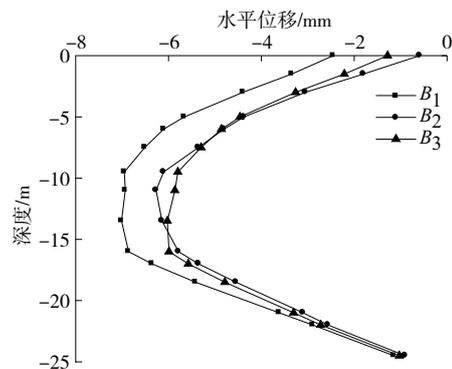
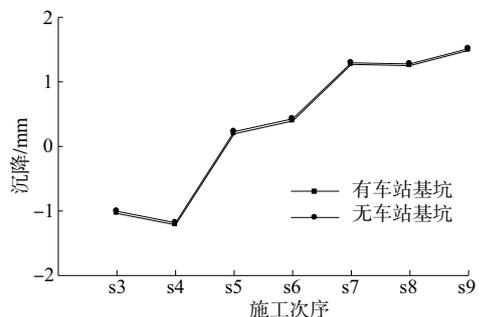
(a) A_1 、 A_2 、 A_3 点(b) B_1 、 B_2 、 B_3 点

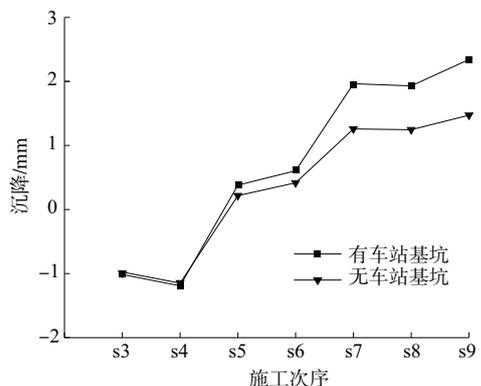
图4 车站基坑远侧和近侧各点的水平位移

2.3.2 既有基坑对新建基坑围护结构竖向位移的影响

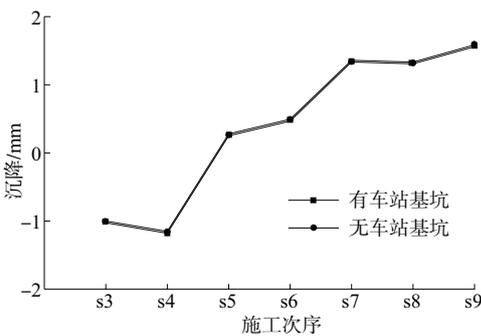
如图5所示,写字楼围护结构 A_2 、 B_2 、 C_2 、 D_2 点均有一定抬升,其中 C_2 、 D_2 、 A_2 点的沉降量与抬升量相差不大,但 B_2 点相对较大,车站基坑的存在对近侧 B_2 点影响较大。



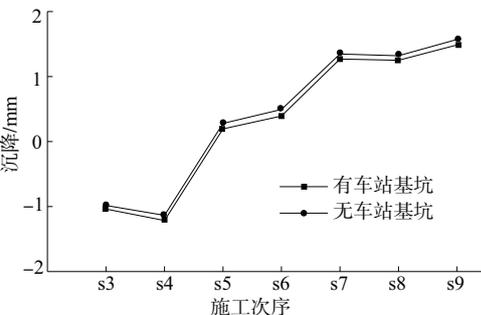
(a) A₂点



(b) B₂点



(c) C₂点



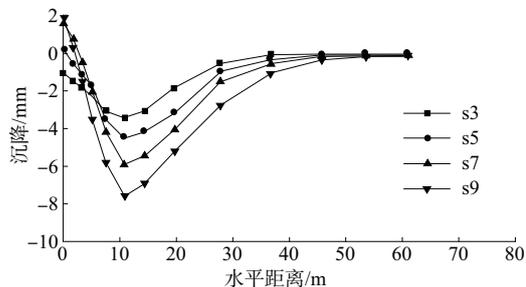
(d) D₂点

图 5 写字楼围护结构各点的竖向位移

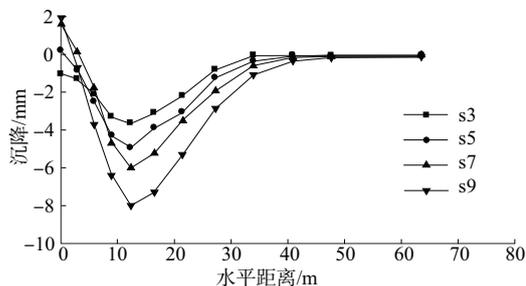
2.3.3 既有基坑对新建基坑围护结构后土体沉降的影响

如图 6 所示,在前几个工况中,写字楼基坑周围

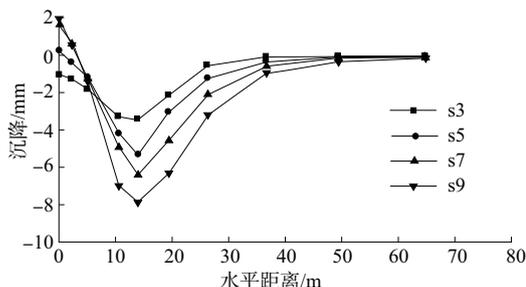
的土体均有一定沉降,随后出现回弹,靠近地铁车站一侧的 B₂B₂' 断面沉降减小,最大沉降发生在两基坑之间;A₂A₂'、D₂D₂'、C₂C₂' 断面沉降量相差不大。



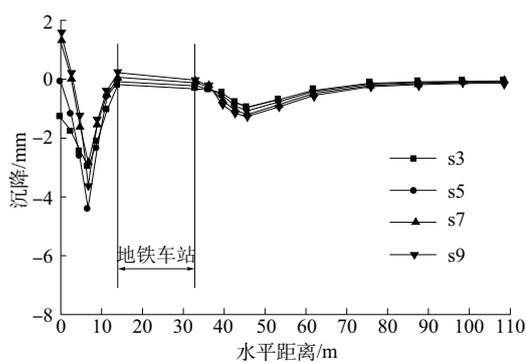
(a) A₂A₂' 断面



(b) D₂D₂' 断面



(c) C₂C₂' 断面



(d) B₂B₂' 断面

图 6 写字楼基坑周围土体的沉降

2.3.4 新建基坑施工对既有基坑水平位移的影响

如图 7 所示,地铁车站基坑地连墙的水平位移上部较大,下部较小;基坑两侧远离写字楼处的水平位移随深度变化不大,而靠近写字楼处的水平位移

随深度变化较大。

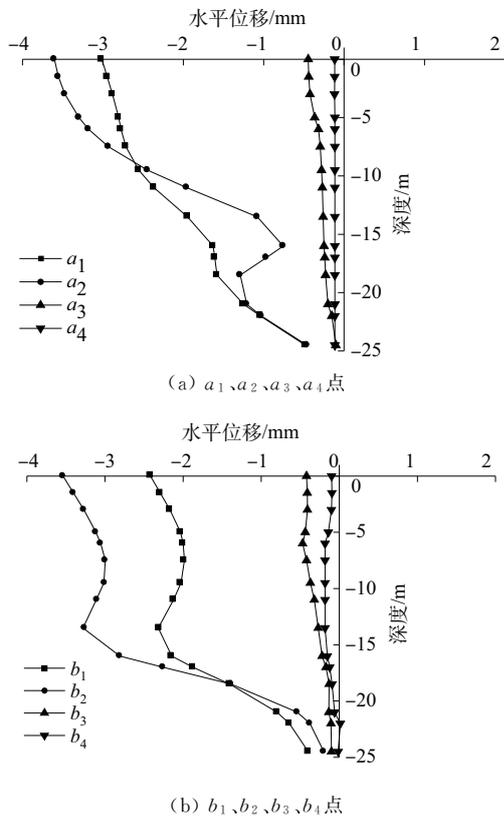


图7 地铁站近侧和远侧各点的水平位移

2.3.5 新建基坑施工对既有基坑竖向位移的影响

如图8所示,车站基坑各点的沉降量都不大。开始几个工况各点有一定沉降,其中 a_1 、 a_2 点沉降量较小,抬升现象明显;其他位置的沉降量相对较大,且相差不大。写字楼基坑开挖对车站围护结构靠近写字楼一侧的沉降影响很小。

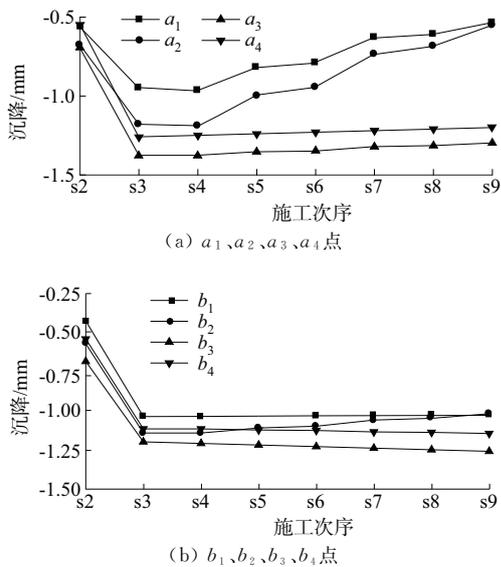


图8 车站基坑各点的沉降

2.3.6 间距对基坑位移、沉降的影响

车站基坑先于写字楼基坑开挖时,分析基坑间距分别为8、13、18、23 m(最近距离为5、10、15、20 m)时两基坑的位移,结果见图9~13。

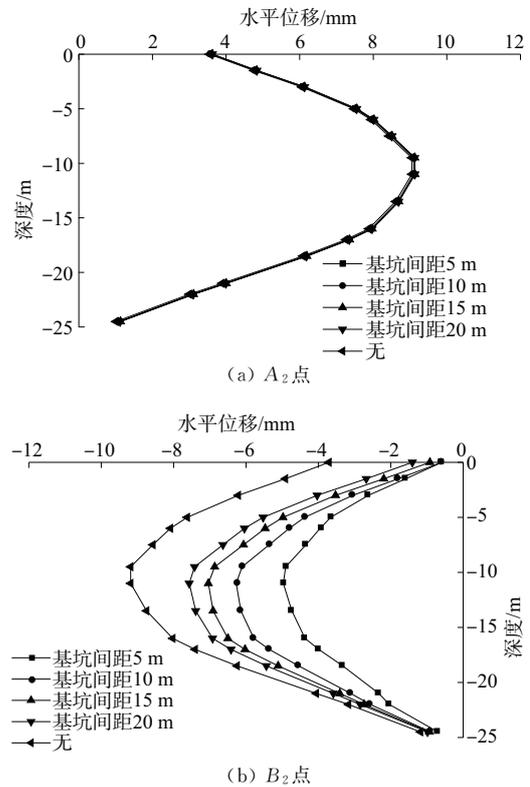


图9 不同基坑间距时车站基坑沿深度方向的水平位移

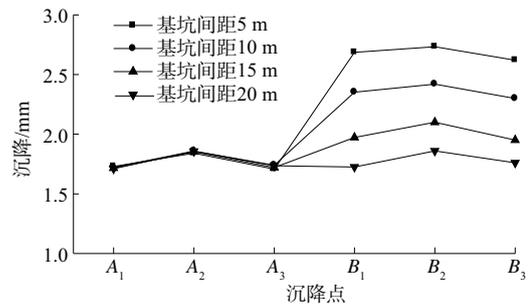


图10 不同基坑间距时写字楼基坑的竖向位移

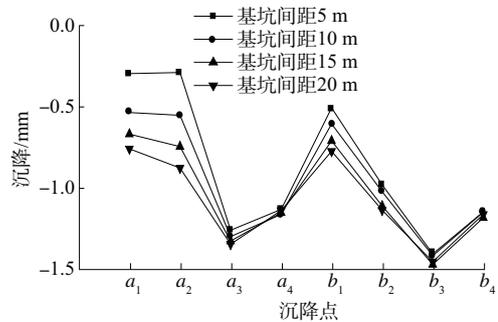


图11 不同基坑间距时车站基坑的竖向位移

从图9可看出:远离车站基坑 A_2 点的水平位移

基本不受基坑间距的影响,靠近车站基坑 B_2 点的水平位移随基坑间距的增大而增大。

从图 10 可看出;不同基坑间距下写字楼基坑远

侧 A_1 、 A_2 、 A_3 点的抬升量基本一致,基坑间距对写字楼远端的影响很小;而近侧 B_1 、 B_2 、 B_3 点的抬升量随基坑间距的增大而减小。

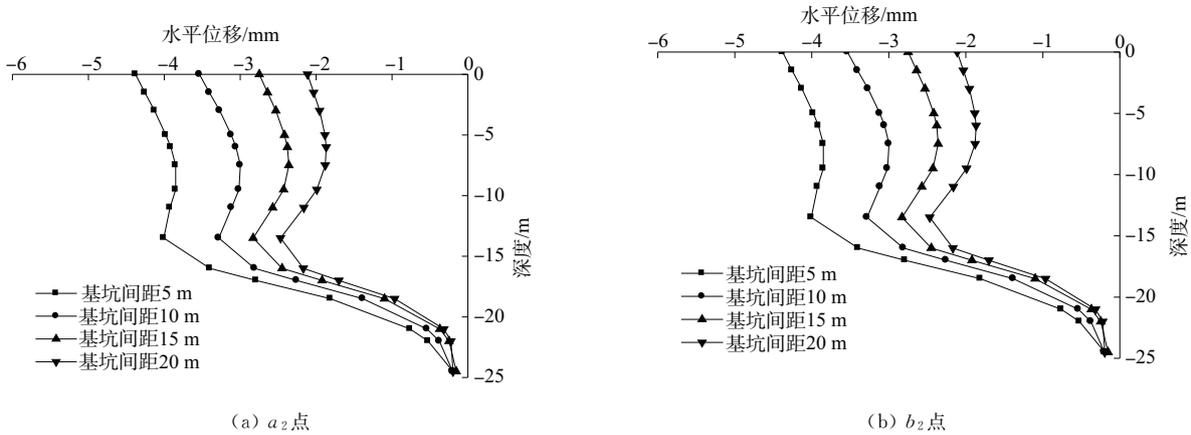


图 12 不同基坑间距时车站基坑围护结构沿深度方向的水平位移

从图 11 可看出:车站基坑围护结构 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 点的沉降量随着基坑间距的增大而增大,对基坑间距的变化较敏感;车站围护结构 a_3 、 a_4 、 b_3 、 b_4 点

的沉降量基本不受基坑间距变化的影响。

从图 12 可以看出:车站基坑围护结构两侧 a_2 、 b_2 点的水平位移较接近,其值都随着基坑间距的增

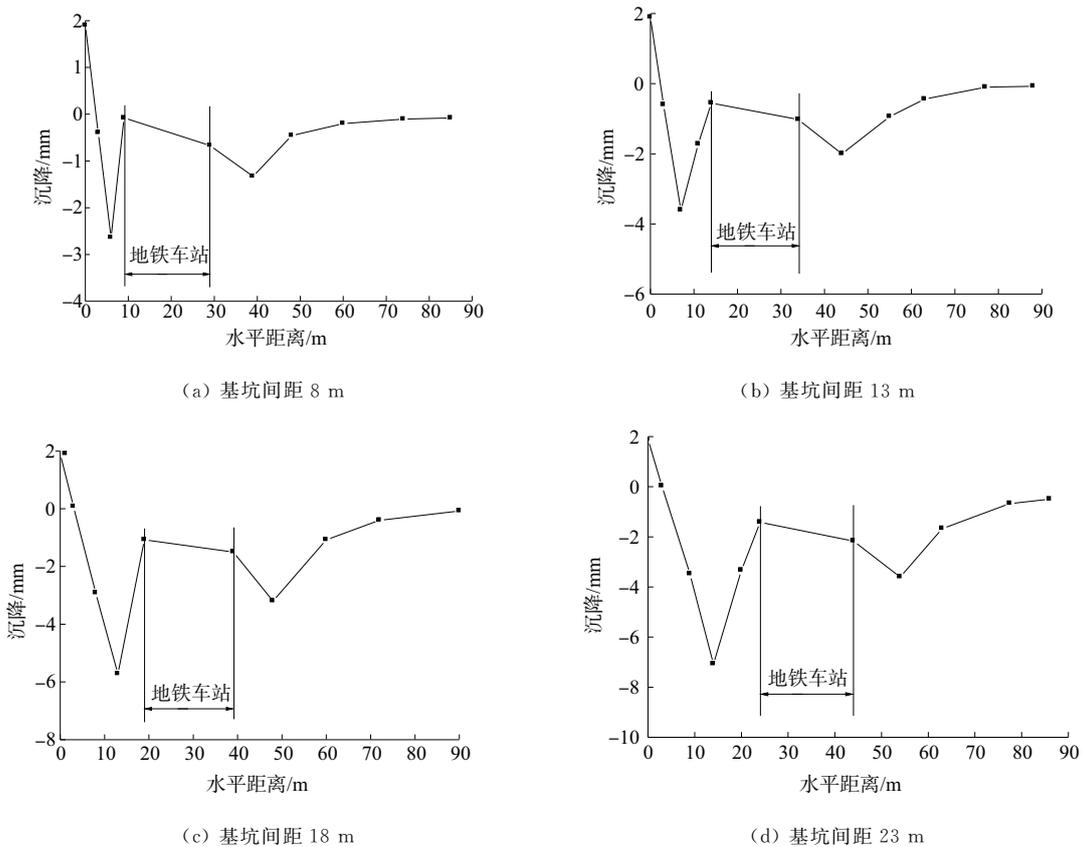


图 13 不同基坑间距时地表沉降

大而减小。

从图 13 可看出:最大沉降发生位置随两基坑间

距的增大离写字楼基坑围护结构越远,两基坑间土体最大沉降量随着基坑间距的增大而增大。

3 结论

(1) 存在车站基坑的情况下,写字楼基坑围护结构近侧和远侧的土压力、水平位移相差较大。

(2) 两相邻基坑之间土体沉降小于其他土体断面的沉降,且最大沉降量位于两基坑之间。

(3) 开挖过程中,写字楼基坑围护结构会发生一定回弹,但回弹值不大。

(4) 写字楼基坑施工会对相邻车站基坑造成一定影响,车站围护结构整体处于下沉且呈指向写字楼基坑变化的趋势。

(5) 随着两基坑距离的增大,车站基坑对土体沉降的阻碍作用越来越弱。

参考文献:

- [1] Mana A L, Clough G W. Prediction of movement for brace cuts in clay[J]. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 1981, 107(6).
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 李志高, 曾远, 刘国斌. 临近地铁车站基坑开挖位移传

递规律数值模拟[J]. 岩土力学, 2008, 29(11).

- [5] 高广运, 高盟, 杨成斌. 基坑施工对运营地铁隧道的变形影响及控制研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(3).
- [6] 刘锡儒, 林本海. 深大基坑分区开挖卸载对地铁隧道的变形影响分析[J]. 建筑监督检测与造价, 2015, 8(6).
- [7] 张国庆, 郑群, 罗金龙, 等. 超深基坑开挖施工对邻近高层建筑的影响分析[J]. 施工技术, 2016, 45(增刊 2).
- [8] 孙华圣, 张继华, 陈亚东, 等. 基坑开挖引起盾构隧道响应研究综述[J]. 淮阴工学院学报, 2017, 26(3).
- [9] 郭力群, 程玉果, 陈亚军. 不同间距下相邻基坑相互影响数值分析[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2014, 35(1).
- [10] 江建红. 基于桩锚支护结构的基坑周围地表沉降变形分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- [11] 吴华. 基坑开挖空间效应的数值模拟及应力路径对土体力学性状的影响[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [12] 胡建中, 吕强. 市政道路基坑开挖与土钉墙支护技术数值分析[J]. 公路与汽运, 2016(5).
- [13] 彭志雄, 周元刚. 深基坑开挖对临近建筑物相互影响效应分析[J]. 施工技术, 2017, 46(8).
- [14] 于忠波, 任磊, 皮景坤, 等. 相邻深基坑开挖方式对地下管线的影响分析[J]. 公路与汽运, 2012(4).
- [15] 陈建永. 深基坑开挖与临近建筑物相互影响的数值分析[J]. 工程建设与设计, 2017(19).

收稿日期: 2019-07-17

(上接第 135 页)

均小于预警值, 变形较稳定, 基坑及周边环境均处于安全可控状态。监测点的全面布置能很好地对基坑及周边设施实施动态监测, 准确提供基坑变形及周边建筑等设施的沉降变化状况, 确保基坑开挖及周边设施的安全。

参考文献:

- [1] 閻超, 刘秀珍. 某深基坑安全开挖引起临近建筑物较大沉降的实例分析[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(增刊 2).
- [2] Son M, Cprding E J. Responses of buildings with different structural types to excavation-induced ground settlements [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 2011, 137(4).
- [3] 马明全, 王鹏. 地铁车站深基坑开挖对邻近建筑物的影响[J]. 黄河科技学院院报, 2019, 21(2).
- [4] 舒志乐, 吴海宽, 杨大雪, 等. 基坑开挖的实测分析与短期预测方法探索[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2017, 30(3).
- [5] 乌青松, 贺行良, 姜大伟. 结合微型钢管桩的深基坑嵌岩

式排桩支护应用研究[J]. 岩土工程技术, 2017, 31(6).

- [6] 曹伟, 吴合良. 洞庭湖大桥葫芦形基坑支护结构施工监控分析[J]. 公路与汽运, 2016(5).
- [7] 于忠波, 任磊, 皮景坤, 等. 相邻深基坑开挖方式对地下管线的影响分析[J]. 公路与汽运, 2012(4).
- [8] 李帅, 李浩, 夏玉伟. BP 神经网络在基坑变形预测中的应用研究[J]. 公路与汽运, 2017(5).
- [9] 陈致富, 陈德立, 杨建学. 三维激光扫描技术在基坑变形监测中的应用[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(增刊 1).
- [10] JGJ 120-2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [11] 卞佳, 闫文亮. 滨海复杂地层高承压水区域悬索桥锚碇深基坑施工技术[J]. 公路与汽运, 2017(5).
- [12] 魏强. 软土地区深基坑变形及其对邻近建筑物影响研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2016.
- [13] 段宝福, 吴圣智, 朱应磊, 等. 跨铁路桥基坑施工围岩扰动力学行为研究[J]. 施工技术, 2013, 42(23).
- [14] 陈金祥, 於方莹, 吴杰良. 基坑开挖对邻近桥梁承台影响的数值分析研究[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2015(8).

收稿日期: 2019-10-11