

基坑开挖对临近建筑物影响的数值分析

刘彦辉¹ 姜硕²

1. 南昌轨道交通集团有限公司, 江西 南昌 330013
2. 大连海事大学交通运输系, 辽宁 大连 116026

[摘要] 本项目拟以南昌市地铁 2 号线东延线楞上站为研究对象, 在前期调查的基础上, 利用有限元仿真技术, 对基坑开挖全过程进行数值模拟, 研究基坑开挖及支护模式对其临近建筑物整体稳定性的影响。文中将基坑开挖对邻近建筑的影响, 划分为建筑物的沉降与倾斜。通过对不同支撑形式和开挖形式对建筑物的沉降规律进行分析, 提出了较为合理的支护方式及开挖方式, 检验了文中提出方案的安全性和合理性。

[关键词] 基坑; 临近建筑物; 数值分析

DOI: 10.33142/aem.v6i8.13281

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Numerical Analysis of the Impact of Foundation Pit Excavation on Adjacent Buildings

LIU Yanhui¹, JIANG Shuo²

1. Nanchang Rail Transit Group Co., Ltd., Jiangxi, Nanchang, 330013, China
2. Department of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China

Abstract: This project intends to take Lengshang Station on the east extension of Nanchang Metro Line 2 as the research object. Based on preliminary investigations, finite element simulation technology will be used to numerically simulate the entire process of excavation of the foundation pit, and to study the influence of excavation and support modes on the overall stability of adjacent buildings. The impact of excavation of foundation pits on adjacent buildings is divided into settlement and inclination of buildings in the article. The article analyzes the settlement laws of buildings under different support and excavation forms, proposes reasonable support and excavation methods, and verifies the safety and rationality of proposed scheme.

Keywords: foundation pit; adjacent buildings; numerical analysis

引言

地铁基坑工程往往处于建筑群之中, 在进行基坑开挖工程时除了要考虑基坑自身的稳定性, 还要考虑基坑开挖对周围环境的影响。由于基坑开挖时很可能影响建筑物地基基础和地下结构, 基坑开挖造成的临近建筑物沉降和倾斜同样也是工程中需要重点关注的问题。本文将根据数值模型计算结果对临近建筑物受到基坑开挖的影响进行分析, 总结规律, 为后续相关工程提供指导。

近年来许多学者开展了关于基坑开挖对临近建筑物的影响分析。邹玉强^[1]等建立数值模型并分析得出了基坑开挖后周围土层的变形以卸荷回弹变形为主, 即在基坑壁表现为指向基坑内的法向变形, 在基坑底部表现为回弹变形。赵志俊^[2]在结合实际工程并建立有限元模型及分析后得出结论, 基坑开挖对周围建筑物的变形影响程度与邻近基坑的位置有关, 基坑两侧的土体和桩基的位移变化比较小, 而靠近基坑的中间位置的位移和变形程度则较大, 且基坑周围建筑物和土体的变形随着开挖深度加大而增长。涂芬芬与田志国^[3]根据多个项目的数值模拟结果及监测数据对比分析, 得出基坑的开挖影响范围为 1 倍基坑深度及建筑物位置基坑 1 倍深度附近的变形最大。李向群与许

国锋^[4]采用数值模拟方式, 分析了基坑开挖施工的过程, 得出了基坑开挖会造成基坑外的土体产生竖直方向的沉降, 最大的沉降点所在的位置与距离基坑的边缘长度有一定的关系, 并且随着基坑开挖深度的增加, 地表沉降的分布曲线逐渐趋于抛物线的形态。羊科印^[5]采用数值模拟和现场实测数据相结合的方式, 着重分析了桩径、桩间距、桩身长、锚索预应力、建筑基础上部荷载等因素对建筑物影响情况, 结果表明, 一是桩间距在设定值范围内对基础沉降影响较小, 建筑基础上部的均布荷载对其基础的竖向变形影响最大, 二是桩身长和锚索预应力、桩径对建筑物沉降影响最小。

1 工程概况

南昌市地铁 2 号线东延工程楞上站位于解放西路与上海南路交叉路口以东, 沿解放东路东西向布置。车站全长 204m。车站坡度方向为沿车站纵向设置, 坡度为 0.2%。车站有效站台中心里程处轨面高程(绝对值)为 6.869m, 标准段基坑宽度 19.7m, 地面平整后的高程约为 22.500m, 轨面距底板面高度 0.58m, 底板厚度 0.9m, 垫层厚度 0.2m, 标准段基坑深约 17.311m。车站周边场地较开阔, 采用明挖法一次性围蔽施工。

在基坑开挖的过程中不可避免地会对临近建筑物造成影响,距南昌市地铁2号线东延工程楞上站(原解放西路站)基坑开挖工程20m处建筑物是一栋高15m的居民建筑物,基础为深1m的条形基础,为浅基础建筑物,极易受到开挖的影响,需要对其进行分析研究。位置关系图如图1所示,其模型规模为50m*38m*15m,如图2所示。

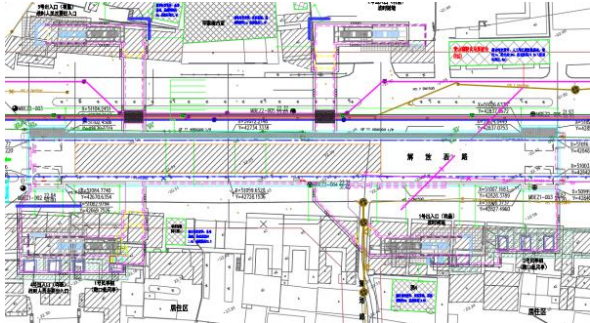


图1 建筑物位置图

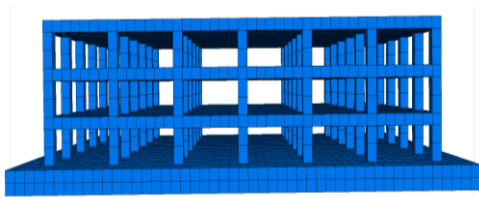


图2 建筑物模型图

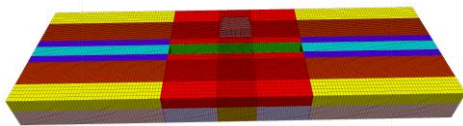


图3 数值模型图

2 建立数值模型

该模型的开挖、支护模拟共分成5个步骤进行:第1步为基坑开挖至-4.0m,在-2.0m处设置第1层混凝土支撑;第2步为基坑先开挖至-8.0m,第3步为基坑开挖至-12.0m,在-8.0m处设置第1层钢支撑;第4步为基坑开挖至-16.0m,在-14.0m处设置第2层钢支撑,第5步为基坑开挖至基坑底-18.0m。

在基坑开挖过程中使用了莫尔-库伦本构模型。为了保证计算结果的准确性,我们对整个基坑进行了仿真分析。模型X方向长度为600m、Y方向192m、Z方向50m。模型单元:74324个,节点:94635个,数值模型如图1示。

3 基坑开挖对临近建筑物沉降的影响

3.1 不同钢支撑水平间距对应的建筑物沉降量

基坑开挖时钢支撑会影响到基坑地连墙及周围地层的沉降和侧移进而影响到建筑物。因此基坑周围主要建筑物的沉降同样也是基坑钢支撑形式优化程度的体现。

通过建立不同钢支撑水平间距相应的数值模型并进行分析。不同钢支撑水平间距对应的建筑物沉降量如图2所示。不同钢支撑水平间距对应的建筑物沉降量云图如图

3所示。

表1 不同钢支撑水平间距对应的建筑物沉降量

指标	建筑物最大沉降量 (mm)
3m	-10.34
4m	-12.21
5m	-13.87
6m	-15.88
7m	-17.38

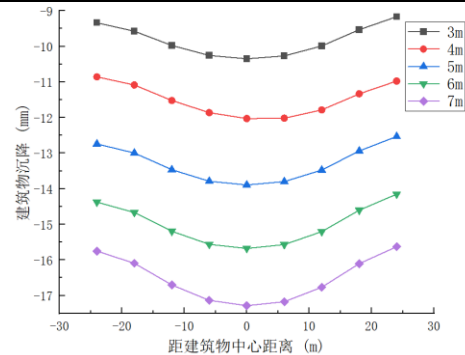


图4 不同钢支撑水平间距建筑物沉降量

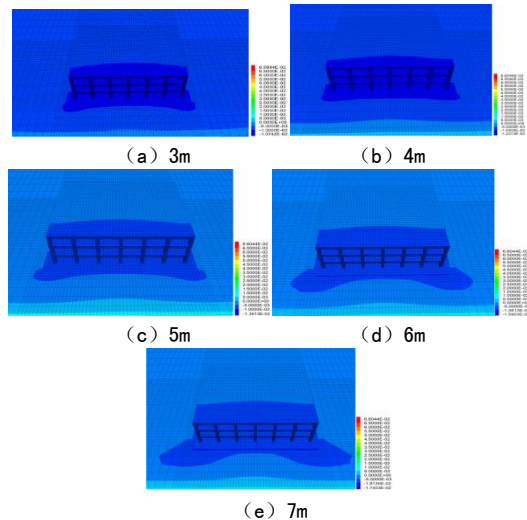


图5 各钢支撑水平间距建筑物沉降量云图

从上述图中不难发现钢支撑水平间距和建筑物沉降量的关系为等比例增加,钢支撑间距4m时建筑物沉降量比钢支撑间距3m时增加了1.87mm,钢支撑间距5m时相比4m时增加了1.66mm,钢支撑间距6m时相比5m时同样增加了2.01mm,钢支撑间距7m时相比6m时增加了1.50mm。减小钢支撑水平间距可以一定程度上减小建筑物的沉降量,考虑到经济性和对建筑物舒适性的影响以及工程要求的最大沉降限值,钢支撑水平间距最好在3m。

3.2 不同钢支撑道数对应的建筑物沉降量

同理对于钢支撑的道数同样进行关于建筑物沉降量的分析,图6是不同钢支撑道数对应的建筑物沉降量曲线图。图7是不同钢支撑道数对应的建筑物沉降量云图。

表 2 不同钢支撑道数对应的建筑物沉降量

指标	建筑物最大沉降量 mm
一道	-12.31
两道	-10.35
三道	-8.44

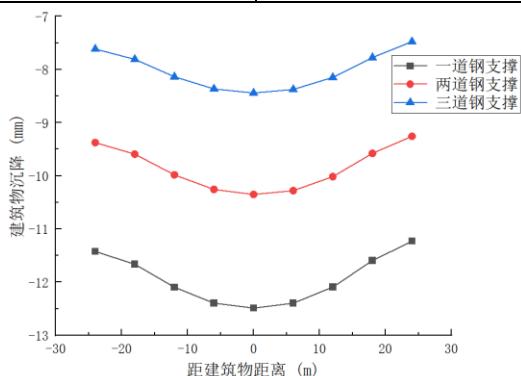


图 6 不同钢支撑道数数据建筑物沉降量

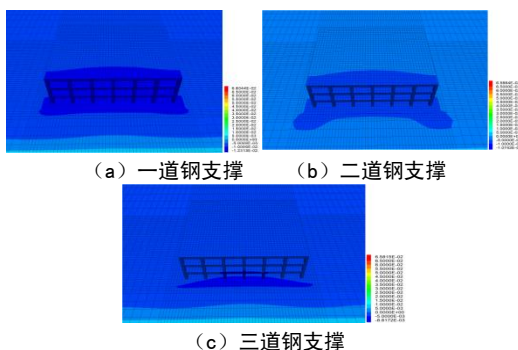


图 7 不同钢支撑道数对应的建筑物沉降量云图

从图中可以看出,从一道钢支撑增加到两道钢支撑时基坑的墙体侧移和周围地表沉降值变化较大。其中建筑物沉降量最大值由 12.31mm 变为 10.35mm, 减少 1.96mm。而当增加到三道支撑的时候, 建筑物沉降量最大值减少 1.91mm, 改善作用呈收缩态势。

由上述可以得出,随着支撑道数的增加可以在一定程度上控制临近建筑物沉降,当架设的支撑道数超过合理道数时,此时对于建筑物变形控制效果变小,这不仅会造成施工不便也会造成经济浪费现象。因此要适当增加支撑道数。对于深度小于 20 米的基坑来说,设置 2-3 道钢支撑是最合理的。由于南昌市地铁 2 号线东延工程楞上站深基坑深 18 米,又考虑到基坑自身稳定性和临近建筑物的舒适性,设计 2 道钢支撑是最合理的。

4 基坑开挖对临近建筑物倾斜的影响

临近建筑物的倾斜程度对于工程来说也是能否继续进行的重要指标,通过对建筑物中间部分监测点数据分析,不难发现基坑开挖后近处建筑物沉降,呈现中间凹陷的峡谷态势,远处呈现中间凸起谷地态势,由此可见建筑物最大沉降差发生建筑物中间部分。

表 3 距基坑距离不同处建筑物沉降量 (mm)

距建筑物中心 (m)	20	26	32	38	44	50
-24	9.558	7.284	5.756	3.970	1.564	0.153
-12	10.962	8.666	7.188	6.456	3.336	0.860
0	11.610	9.860	8.318	7.144	4.214	1.059
12	10.932	8.804	7.186	6.472	3.592	0.815
24	9.688	7.236	5.364	3.806	1.996	0.353

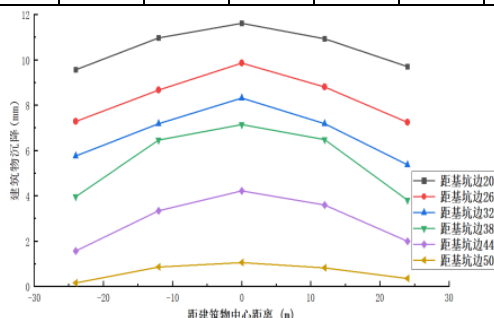


图 8 建筑物沉降量图

从图 8 中不难发现建筑物在不同位置出现不同程度的沉降,建筑物产生基坑内方向的倾斜。引入基础的倾斜度衡量建筑物的倾斜程度,公式如下:

$$i = \Delta H / L$$

式中: i 为建筑物基础的倾斜度; ΔH 为基础两端点的沉降量差值, m ; L 为基础两端点间的距离, m ;

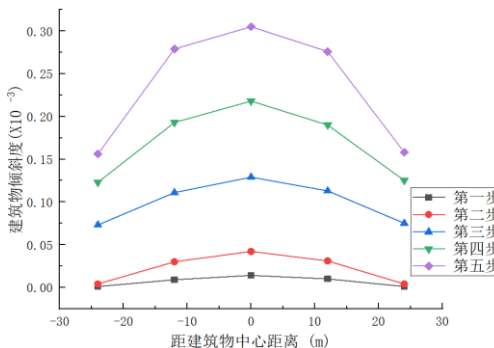


图 9 各开挖步骤建筑物倾斜度图

由图 9 可以看出随着开挖步骤的进行,建筑物的倾斜度在逐步增加,基坑开挖对临近建筑物的影响在不断加深。且在第三步、第四步、第五步时,建筑物倾斜程度增加最为明显,倾斜度分别增加了 87×10^{-6} 、 89×10^{-6} 、 87×10^{-6} ,实际工程开挖过程中可以在第三步、第四步、第五步时适当减小钢支撑间距和增加维护结构强度,从而有效地减小建筑物的倾斜程度。

4.1 各钢支撑间距对应的建筑物倾斜度

与上一小节同样的钢支撑间距分组对建筑物倾斜度进行分析,得到图 10。可以看出与钢支撑间距对建筑物沉降的影响相同,钢支撑间距与建筑物倾斜度是等比例增长的关系,钢支撑间距从 3m 增加到 4m 时,建筑物最大倾

斜度增加了 41×10^{-6} ；钢支撑间距从 4m 增加到 5m 时，建筑物最大倾斜度增加了 39×10^{-6} ；钢支撑间距从 5m 增加到 6m 时，建筑物最大倾斜度增加了 34×10^{-6} ；钢支撑间距 6m 增加到 7m 时，建筑物最大倾斜度增加了 27×10^{-6} ；可见建筑物倾斜度一定程度上受到钢支撑间距的影响，可以在经济条件允许的情况下尽可能减小钢支撑水平间距来减小建筑物倾斜度。

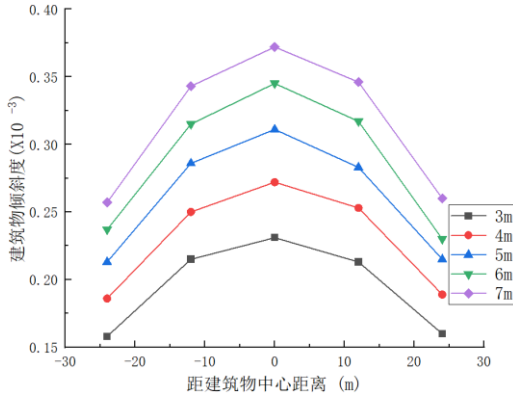


图 10 各钢支撑间距建筑物倾斜度图

4.2 各钢支撑道数对应的建筑物倾斜度

在分析钢支撑道数对建筑物倾斜度的影响时，可以发现钢支撑道数由一道增加到两道时，建筑物最大倾斜度减小了 76×10^{-6} ，在支撑道数由两道增加到三道时，建筑物最大倾斜度减小了 28×10^{-6} 。虽然样本数量不足，但可以证明钢支撑道数对建筑物倾斜度也有很大的影响。为了减小基坑开挖过程中对临近建筑物的影响，应尽可能地提高钢支撑的道数。

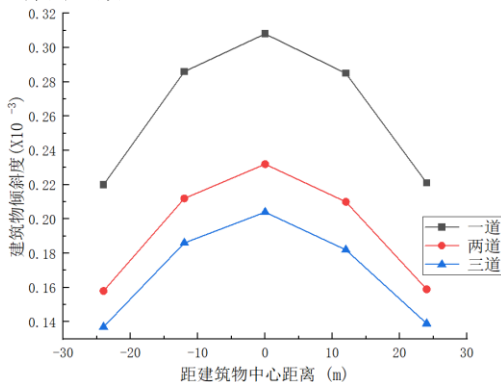


图 11 不同钢支撑道数对应建筑物倾斜度

5 结论

根据前文提出的基坑稳定性影响因素，分别从临近建筑物沉降量和临近建筑物倾斜度两方面分析了基坑开挖过程对临近建筑物的影响，从而得到了以下结论：

(1) 基坑开挖对于临近建筑物的影响随着基坑至建筑物距离的增大而不断减小，在本文中临近建筑物在距基坑 20m 处所受的影响较大，在距基坑 50m 处时几乎不受影响；

(2) 钢支撑水平间距和建筑物沉降量的关系为等比例关系增加，减小钢支撑水平间距可以一定程度上减小建筑物的沉降量，考虑到经济性和对建筑物舒适性的影响，本文所处工程钢支撑水平间距最好在 3m；

(3) 支撑道数的增加可以在一定程度上控制临近建筑物沉降，当架设的支撑道数超过合理道数时，此时对于基坑变形控制效果变得微弱。考虑本文所处工程基坑深 18m，钢支撑道数 2 道及以上均可。

(4) 在建筑物一侧与基坑长边接近平行时，建筑物最大倾斜往往发生在建筑物中心处。减小支撑间距和增大支撑层数均可有效减小建筑物倾斜程度。

[参考文献]

- [1] 邹玉强, 刘超, 王星运. 基坑开挖对临近建筑物的影响数值分析[J]. 土工基础, 2020, 34(3): 348-350.
 - [2] 赵志俊. 基坑开挖对邻近建筑物变形影响数值分析[D]. 安徽: 合肥工业大学, 2011.
 - [3] 涂芬芬, 田志国. 深基坑开挖对邻近既有建筑变形影响范围的研究[J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(9): 38-40.
 - [4] 李向群, 许国锋. 长春市某基坑开挖对周围建筑物沉降的影响分析[J]. 吉林建筑大学学报, 2023, 40(4): 34-38.
 - [5] 羊科印. 基坑开挖对基坑及临近建筑物的变形影响研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2019.
- 作者简介: 刘彦辉 (1990—), 男, 河北石家庄人, 交通运输工程专业, 石家庄铁道大学毕业, 南昌轨道交通集团有限公司项目管理分公司。