

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2024.02.001

双基坑开挖对中间既有建筑物的影响

朱银刚¹, 李大华¹, 韩孟君², 张俊龙¹

(1. 安徽建筑大学 土木工程学院, 安徽 合肥 230601;
2. 安徽建工集团股份有限公司 总承包分公司, 安徽 合肥 230031)

摘要: 以某基坑开挖工程为研究背景, 通过 MIDAS/GTS 分析双基坑同时开挖和单独依次开挖时对中间建筑物的影响机制。研究表明: 单独依次开挖相对于同时开挖, 基坑围护结构变形最大位移值比同时开挖少了 45% 左右, 建筑物筏板沉降位移值比同时开挖多了 50%~111% 左右。通过数据模拟分析出两种不同开挖方式对建筑物的最不利位置, 比较出两者的差异, 优化施工步骤, 从而保证建筑物的安全。本双基坑开挖的研究可为此类工程提供参考。

关键词: 围护结构变形; 双基坑开挖; 筏板沉降

中图分类号: TU473.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2024)02-0001-06

引文格式: 朱银刚, 李大华, 韩孟君, 等. 双基坑开挖对中间既有建筑物的影响[J]. 湖南工业大学学报, 2024, 38(2): 1-6.

Influence of Double Foundation Pit Excavation on Existing Intermediate Buildings

ZHU Yingang¹, LI Dahua¹, HAN Mengjun², ZHANG Junlong¹

(1. School of Civil Engineer, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China;
2. General Contracting Company, Anhui Construction Engineering Group, Hefei 230031, China)

Abstract: With a foundation pit excavation project as the research background, MIDAS/GTS is used for an analysis of the impact mechanism of simultaneous excavation and sequential excavation of double foundation pits on the intermediate buildings. Research shows that compared with simultaneous excavation, the maximum deformation displacement of the foundation pit enclosure structure has been reduced by about 45%, with the settlement displacement of the building raft increased by about 50%~111% compared with that of simultaneous excavation. Based on a data simulation analysis, the most unfavorable positions of two different excavation methods on the building can be identified, with compared differences between the two so as to optimize the construction steps to ensure the safety of the building. The research on the excavation of double foundation pits can provide reference for similar projects.

Keywords: enclosure structure deformation; double foundation pit excavation; raft settlement

0 引言

当今社会, 基坑工程变得越来越复杂, 陆续出现双基坑甚至多基坑施工的情况, 许多多基坑工程为了

加快建设进程, 选择采用同时施工的方法。而多基坑开挖相比于单基坑开挖, 对围护结构的影响也会变得更加复杂。因此, 在施工前就应考虑好多基坑开挖时产生的一系列影响。深基坑开挖导致周围土体移动,

收稿日期: 2023-02-28

基金项目: 安徽建工集团股份有限公司校企合作基金资助项目 (HYB20210150)

作者简介: 朱银刚, 男, 安徽建筑大学硕士生, 主要研究方向为工程结构现代施工技术, E-mail: 973817055@qq.com

土体移动会直接造成建筑下沉或损坏。

目前已有不少国内外学者对此进行了研究, I. K. Lam^[1] 通过研究基坑变形, 发现支护方式、周围建筑物荷载等与基坑的变形有显著关系; 胡军^[2] 采用参数计算技术探讨了基坑施工时对临近桩基的影响, 并阐述了在临近地基施工中对既有建筑物桩基的响应机理; 孙广利等^[3] 通过研究建筑物和地基之间的水平距离, 研究结构对地基在不同距离下的影响, 并提出相应的对策; 叶建峰等^[4] 通过研究相邻基坑同步开挖的位移变形, 讨论了邻近基坑开挖对支护结构内力与变形的影响; 陈东杰^[5] 对相邻基坑进行了有限元分析, 得出相邻基坑同时开挖时的变形影响要小于依次开挖的结论。

本文依托阜阳市某基坑工程, 采用 MIDAS/GTS 模拟双基坑的开挖施工过程, 研究双基坑依次开挖及同时开挖对围护结构、周围土体以及建筑物的影响。

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

阜阳市某项目拟开挖基坑, 该项目总占地面积约为 62 743.14 m², 预估载荷为 20 kN/ m²。两个基坑的开挖深度均为 6.5 m, 基坑 A 长 60 m, 宽 25 m, 基坑 B 长 40 m, 宽 30 m。既有建筑物的主体结构形式为框架结构, 建筑为 3 层, 长为 50 m, 宽为 25 m, 高为 15 m。开挖放坡示意图如图 1 所示, 其中, 中间为建筑物, 左侧为基坑 A, 右侧为基坑 B。

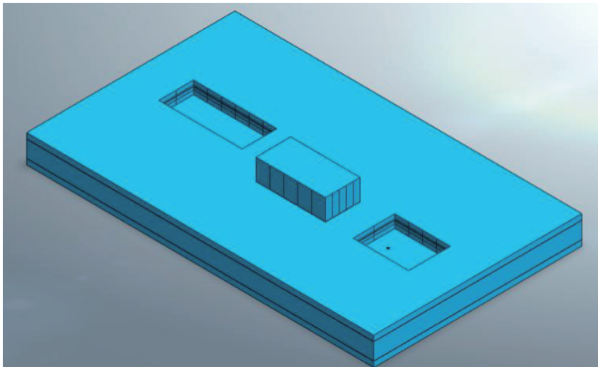


图 1 开挖放坡示意图

Fig. 1 Schematic diagram of excavation sloping

1.2 工程地质条件

开挖基坑土层主要为杂填土、粉质黏土、粉质黏土夹粉土以及粉土组成, 各土层物理特性和力学指标分别见表 1、表 2。

由于场地第一层土质主要是杂填土, 存在高压缩力和湿陷量特性, 均匀性和密实程度都较差, 力学特性也较差, 因此需要先通过水泥搅拌桩处理之后再

成为基本持力层^[6]。通过对勘察所揭露的岩层特征和区域地貌资源分析, 该区域内并无构造断裂带通过, 属于稳定区域。

表 1 各土层物理特性

Table 1 Physical characteristics of each soil layer

序号	土层名称	厚度 /m	颜色	物理特性
1	杂填土	2.8	杂褐色	潮湿, 均匀性差, 主要以黏性土为主, 局部碎石、砖块等
2	粉质黏土	6.3	灰褐色	呈硬可塑状态, 湿, 切面光滑, 干强度及韧性高
3	粉质黏土夹粉土	6.6	灰黄色	粉质黏土以可塑状态为主, 局部呈硬可塑状态, 很湿
4	粉土	2.9	灰黄色	干强度及韧性中等, 稍有光泽

表 2 土层物理力学指标

Table 2 Physical and mechanical indicators of soil layers

土体类型	泊松比	天然重度 / (kN·m ⁻³)	内摩擦角 / (°)	黏聚力 / kPa	承载力特征值 /kPa	压缩模量 /MPa
杂填土	0.35	18.5	8.0	8.0		
粉质黏土	0.32	19.3	10.5	45.0	200	10.5
粉质黏土夹粉土	0.32	19.0	9.5	35.0	180	8.5
粉土	0.30	18.7	20.0	28.3	170	9.0

1.3 工程检测方案

监测数据与监测点布置图分别如表 3、图 2 所示 (数据为计算后平均值)。

表 3 监测数据

Table 3 Monitor data

监测项目	速率 / (mm·d ⁻¹)	报警值 /mm	检测频率	开挖 2 m 后沉降值 /mm
支护沉降	-0.394	± 20	1 次 /4 d	-2.14
筏板沉降	-0.030	± 16	1 次 /40 d	-1.10



图 2 部分监测点布置图

Fig. 2 Layout drawing of some monitoring points

位移观测点位置根据现场情况, 应选定在基坑边坡顶上, 采用冲击钻钻孔, 埋入截面 Φ20 mm、长 100 mm 的螺杆, 顶部锯十字, 进行砼加固, 并对监测点标志进行统一编号。仪器采用 0.5 s 精密全站仪、微型棱镜。

2 有限元模型计算

2.1 有限元模型建立

本文使用有限元建模分析软件 MIDAS/GTS 构造建筑物结构和地基开挖的问题模型。有限元模型长约 250 m, 宽 150 m, 厚 20 m, 如图 3、4 所示。

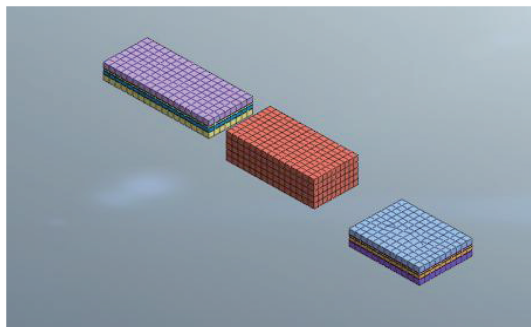


图 3 整体模型
Fig. 3 Overall model

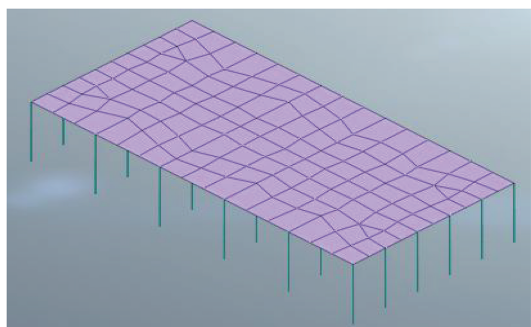


图 4 建筑物筏板桩模型
Fig. 4 Building raft sheet pile model

2.2 施工阶段管理

设置施工阶段时, 由于第一步是初始应力场分析, 会有一个巨大的应力场, 这个应力场往后传递的话, 在后面模拟时, 会导致模型承受不住这么大的应力场, 而出现一个 2103 错误。因此需要在初始应力阶段后面加一个阶段, 把初始阶段时添加的建筑物和结构桩基等带来的一个巨大的应力稍微释放一下。然后, 对它进行位移清零, 再进行正常模拟。

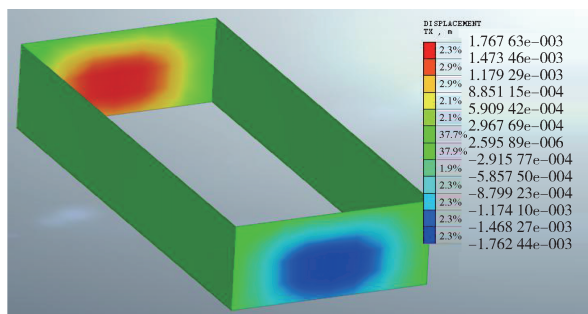
3 围护结构及土体位移

3.1 围护结构位移

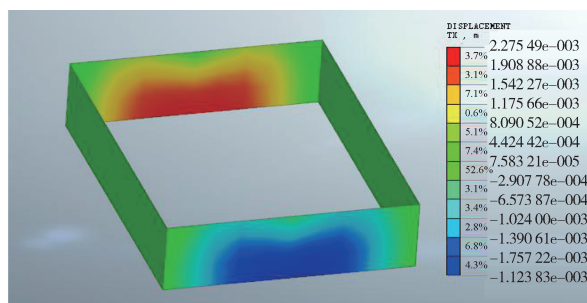
基坑开挖完成后, 围护结构的侧向变形云图呈正方形, 最大侧向位移发生在围护结构底端中部, 如图 5 和 6 所示, 基坑依次开挖后围护结构最大侧向位移分别为 1.77, 2.28 mm; 同时开挖最大侧向位移分别为 3.27, 4.11 mm。同时开挖产生的最大位移值比依次开挖多了 81%~85% 左右。

同时, 基坑开挖完成后, 应采取一些防水措施,

布置防水保护层及防水混凝土, 防止雨水以及生活用水等流入基坑内部。若基坑内部已出现残留水, 应尽快排出^[7]。



a) 基坑 A 的围护结构



b) 基坑 B 的围护结构

图 5 基坑依次开挖后围护结构的侧向位移

Fig. 5 Lateral displacement of the enclosure structure after sequential excavation of foundation pits

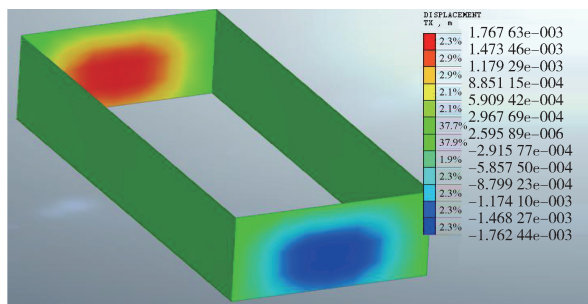


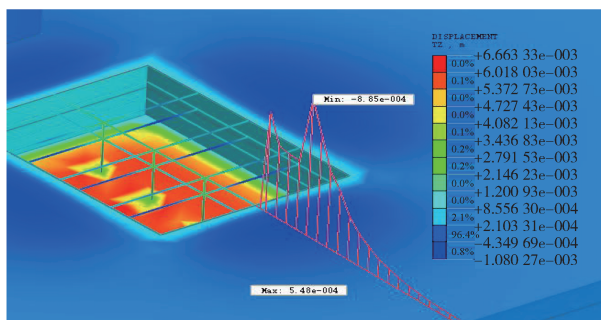
图 6 基坑同时开挖后围护结构的侧向位移

Fig. 6 Lateral displacement of the enclosure structure after simultaneous excavation of foundation pits

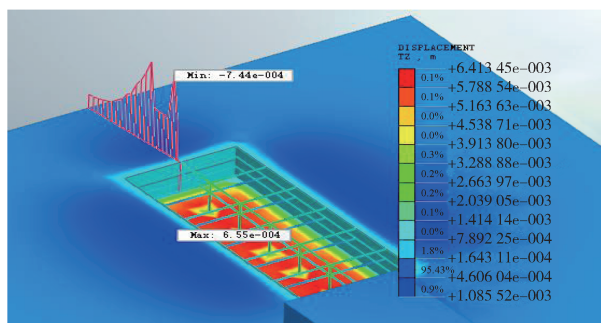
3.2 土体位移

在基坑开挖过程中, 由于坑底隆起和挡墙位移的共同作用, 基坑周围的土体也会发生位移。基坑的开挖深度和土质的不同, 土体位移的大小也不同^[8-9]。如图 7 和 8 所示, 基坑同时开挖时, 基坑周围地表沉降线(上图)为先下降再上升再下降最后再上升的趋势, 靠近围护结构墙边的土层沉降最明显, 基坑 A 坑外地表沉降最大值为 2.00 mm, 基坑 B 坑外地表沉降最大值为 2.30 mm。单独开挖时, 土体沉降趋势和同时开挖一样, 沉降最大值仍然为靠近基坑侧, 基坑 A 的最大沉降值为 0.74 mm, 基坑 B 的

最大沉降值为 0.89 mm。可见同时开挖造成的土体沉降值是单独开挖的 150% 左右。



a) 基坑 A 周围地表沉降



b) 基坑 B 周围地表沉降

图 7 基坑依次开挖时地表沉降位移线图

Fig. 7 Surface settlement displacement line diagram during sequential excavation of foundation pits

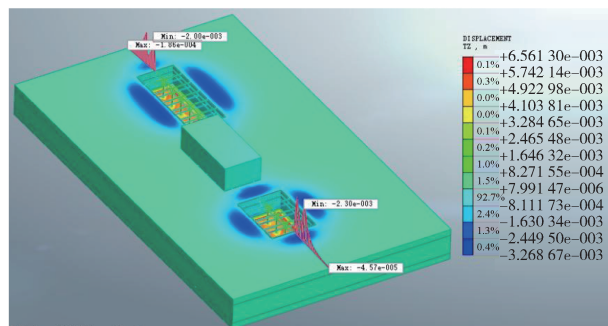
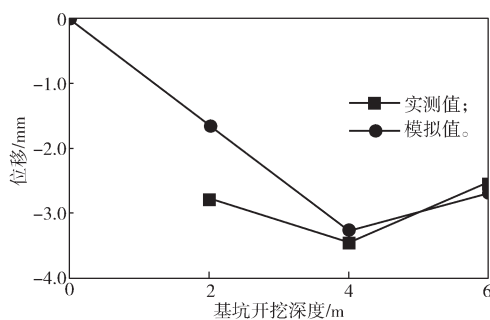


图 8 基坑同时开挖时地表沉降位移线图

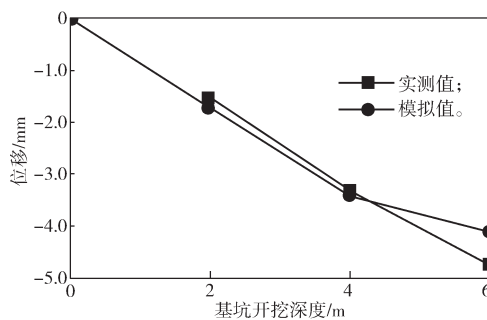
Fig. 8 Surface settlement displacement line diagram during simultaneous excavation of foundation pits

3.3 数据对比

选取检测点 GR1 以及 ST8 的模拟数值与实际测量数据进行对比, 如图 9 所示。



a) GR1



b) ST8

图 9 围护结构不同测点的竖向位移实测值与模拟值对比

Fig. 9 Comparison between measured and simulated vertical displacement values of different measurement point of enclosure structure

由图 9 可以得知, 对于点 GR1, 模拟得到的围护结构最大位移值为 -3.3 mm , 实际最大位移值为 -3.5 mm , 两者非常接近, 并且最大位移都位于基坑开挖深度为 4.0 m 的位置。同样, 在点 ST8 处, 围护桩的最大位移值在模拟和实测结果中也基本相同, 且对比曲线的变化趋势也基本一致。

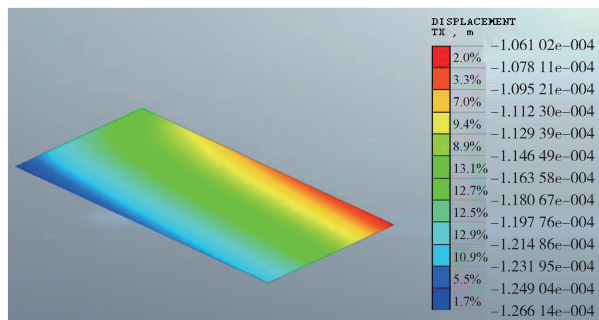
4 基坑开挖对中间建筑物筏板的位移影响

4.1 建筑物筏板变形分析

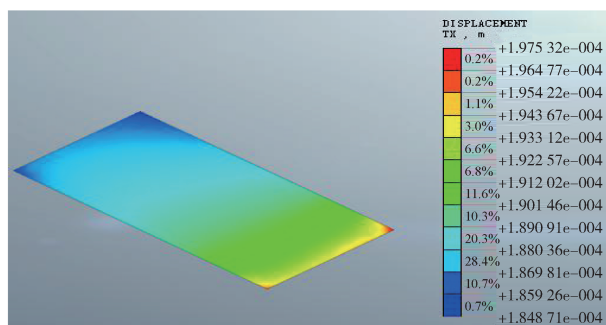
筏板基础变形机理复杂, 影响其变形的因素很多, 通常为综合因素作用影响效应的叠加^[10]。产生建筑物变形的因素比较繁杂, 大致分为基坑附近土体位移、建筑物与基坑距离、建筑物与基坑的位移情况、建筑物基础形式和埋深、建筑物结构类型等 5 个方面^[11]。

4.1.1 侧向位移

基坑开挖后土体的位移会带动建筑物筏板移动。如图 10 和 11 所示模拟数据表明: 当基坑 A、B 依次开挖时, 位移最大点靠近基坑 B 一侧; 双基坑同时开挖时, 位移最大点也靠近基坑 B 一侧, 但单独依次开挖产生的最大位移值比同时开挖多了 111% 左右。



a) 先开挖基坑 A



b) 先开挖基坑 B

图 10 基坑依次开挖后建筑物筏板的侧向位移

Fig. 10 Lateral displacement of building raft after sequential excavation of foundation pits

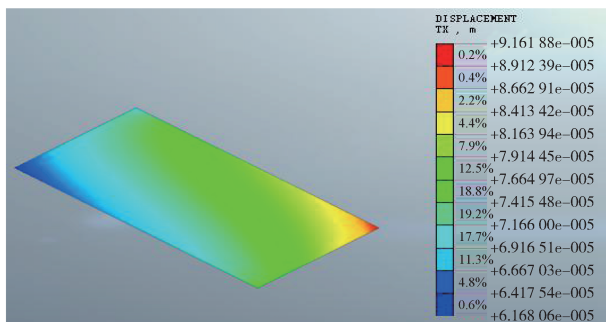
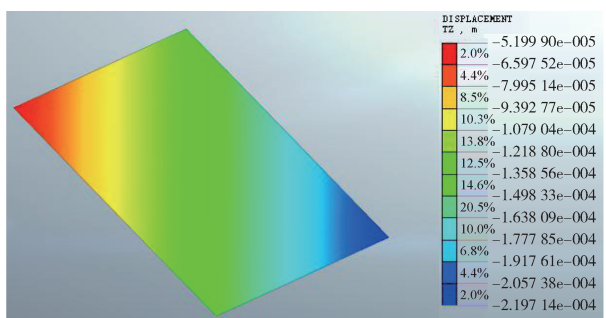


图 11 基坑同时开挖后建筑物筏板的侧向位移

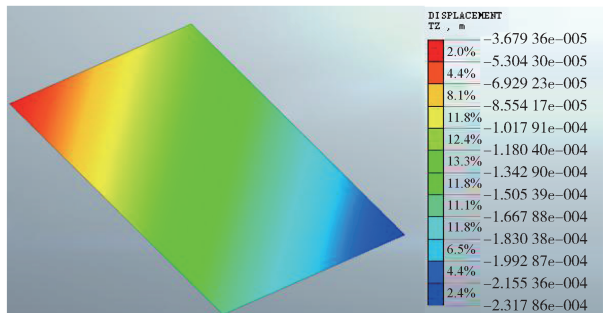
Fig. 11 Lateral displacement of building raft after simultaneous excavation of foundation pits

4.1.2 竖向位移

基坑开挖后周围地表产生不均匀沉降, 如图 12 和 13 模拟数据所示。



a) 先开挖基坑 A



b) 先开挖基坑 B

图 12 基坑依次开挖后建筑物筏板的竖向位移

Fig. 12 Vertical displacement of building raft after sequential excavation of foundation pits

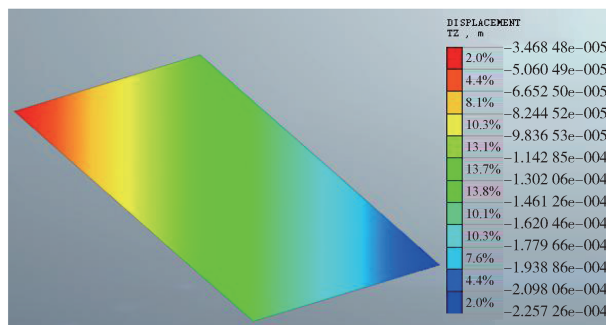


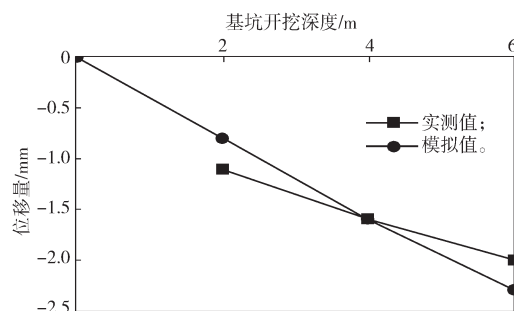
图 13 基坑同时开挖后建筑物筏板竖向位移

Fig. 13 Vertical displacement of building raft after simultaneous excavation of foundation pits

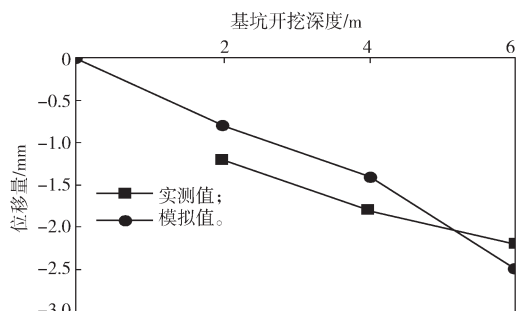
基坑 A、B 依次开挖和双基坑同时开挖时, 位移最大点均位于基坑 A 一侧, 但单独依次开挖产生的最大位移值比同时开挖多 50% 左右。因此, 采取双基坑同时开挖较为安全。

4.2 数据对比

选取检测点 ZY4 以及 ZY8 的模拟数值与实际测量数据进行对比, 结果如图 14 所示。



a) ZY4



b) ZY8

图 14 筏板点 ZY4 和 ZY8 的竖向位移实测值与模拟值对比
Fig. 14 Comparison between measured and simulated vertical displacement values of ZY4 and ZY8 raft plates

由图 14 可观察到筏板竖向位移的模拟结果与实测数据的变化趋势一致, 且最大位移值均发生在深度为 6 m 处。此外, 位移值在控制标准范围内, 且模拟结果与实测数据之间的数值差异较小。这进一步验证了该三维模型能够有效地反映基坑的变形情况。

5 结论

本文通过三维数值模拟分析阜阳某项目基坑开

挖工程, 基于 MIDAS/GTS 软件建立基坑和建筑物模型, 分析基坑开挖完成后, 建筑物周围土体和筏板的位移变化特点, 主要研究结论如下:

1) 数值模拟结果表明, 对于基坑围护结构的变形, 同时开挖产生的最大位移值比依次开挖多了 81%~85%。随着基坑开挖深度的逐渐加深, 周围土体沉降量逐渐增加。对于基坑周围的土体位移, 同时开挖造成的土体沉降是依次开挖的 150% 左右。

2) 基坑开挖易引起基坑周边土体应力场变化, 会对既有建筑物筏板产生附加应力和位移沉降。单独依次开挖产生的最大侧向位移值比同时开挖多了 111%; 最大竖向位移值也比同时开挖多 50% 左右。随着基坑开挖深度逐渐增加, 地表沉降逐渐增加。

3) 当出现文中类似工程案例时, 由于建筑物与基坑在同一直线上, 单独依次开挖会导致建筑物发生前后两次沉降, 加大建筑物筏板的损伤; 而同时开挖时, 建筑物筏板两侧同时向下沉降, 则不会出现这种情况, 对建筑物筏板的损伤相对较小。因此, 当双基坑在建筑物两侧开挖时, 应选择基坑同时开挖。在实际施工时, 应对建筑物进行适当保护, 防止基坑与建筑物两者相互影响, 并做好两者的监测。

4) 基坑开挖时要严格按照设计要求进行, 进度保持一致, 保证建筑物受力均匀; 不可超挖, 周边车辆荷载应严格控制在设计荷载允许范围内, 保证基坑不垮塌, 做好基坑围护, 避免因土体沉降而造成建筑物破坏。同时, 基坑开挖完成后应采取防水措施, 布置防水保护层及防水混凝土, 防止雨水及生活用水等流入基坑内。若基坑内已出现残留水, 应尽快排出。

参考文献:

- [1] LAME I K. Relations Between Process of Cutting and Uniqueness of Solutions[J]. Soils and Foundations, 1970, 10(3): 50-65.
- [2] 胡 军. 深基坑开挖对邻近既有高铁桩基影响研究[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(6): 12-17, 22.
HU Jun. Research on the Influence of Excavation of Deep Foundation Pit to Adjacent Existing High-Speed Railway Bridge Pile Foundations Stability[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(6): 12-17, 22.
- [3] 孙广利, 刘 卫. 已有建筑物对基坑开挖的影响分析[J]. 吉林建筑大学学报, 2021, 38(3): 28-32.
SUN Guangli, LIU Wei. Analysis of the Influence of Existing Buildings on Foundation Pit Excavation[J]. Journal of Jilin Jianzhu University, 2021, 38(3): 28-32.
- [4] 叶建峰, 林 海, 颜桂云. 相邻双基坑开挖相互影响二维性状分析[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2017, 45(2): 190-198.
YE Jianfeng, LIN Hai, YAN Guiyun. Two-Dimensional Characteristic Analysis on Interaction Effect of Twin Adjacent Excavations[J]. Journal of Fuzhou University (Natural Science Edition), 2017, 45(2): 190-198.
- [5] 陈东杰. 上海铁路南站相邻基坑开挖变形影响研究[J]. 建筑科学, 2005, 21(6): 59-63.
CHEN Dongjie. Study on Excavation Displacement Transformation of Adjacent Pits in Shanghai South Railway Station[J]. Building Science, 2005, 21(6): 59-63.
- [6] 王振祥. 相邻基坑开挖对高铁桥梁桩基的影响研究[J]. 低温建筑技术, 2022, 44(8): 124-127.
WANG Zhenxiang. Study on Influence of Adjacent Foundation Pit Excavation on Pile Foundation of High-Speed Railway Bridge[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2022, 44(8): 124-127.
- [7] 李田俊, 王智涛, 隋振坤, 等. 紧邻建筑物的深基坑围护结构设计与施工[J]. 青岛理工大学学报, 2008, 29(6): 57-62.
LI Tianjun, WANG Zhitao, SUI Zhenkun, et al. Design and Construction to the Deep Foundation Supporting Structures Adjacent to Buildings[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2008, 29(6): 57-62.
- [8] 颜 超, 孙廉威, 程子聪. 深基坑开挖与周边既有建筑物改造相互影响研究[J]. 建筑科学与工程学报, 2021, 38(6): 80-89.
YAN Chao, SUN Lianwei, CHENG Zicong. Study on Interaction Between Deep Foundation Pit Excavation and Reconstruction of Surrounding Existing Buildings[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2021, 38(6): 80-89.
- [9] 王浩然, 王卫东, 徐中华. 基坑开挖对邻近建筑物影响的三维有限元分析[J]. 地下空间与工程学报, 2009, 5(增刊2): 1512-1517.
WANG Haoran, WANG Weidong, XU Zhonghua. Three Dimensional Analysis of the Influence of Deep Excavation on Adjacent Building[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2009, 5(S2): 1512-1517.
- [10] 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.
YANG Keyin. Study on the Influence of Foundation Pit Excavation on the Deformation of Foundation Pit and Adjacent Buildings[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2019.
- [11] 郑 刚, 焦 莹. 深基坑工程设计理论及工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 184-243.
ZHENG Gang, JIAO Ying. Design Theory and Engineering Application of Deep Foundation Pit Engineering[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010: 184-243.

(责任编辑: 申 剑)