

# 基于数值模拟的桩撑基坑对临近高架桥桩的影响分析及监测对比

潘凯, 刘秀珍, 熊伟芬

(中机三勘岩土工程有限公司)

【摘要】通过本工程实例, 文章对复杂周边环境、复杂岩土条件下深基坑使用圆环桩撑支护结构进行介绍和分析, 并利用数值模拟的方法, 分析了基坑工程对临近立交桥桩的影响, 并预测其变形, 再与监测结果进行分析对比, 为该类工程提供参考借鉴意义。

【关键词】数值模拟; 深基坑; 监测对比; 变形预测

中图分类号: TU753

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.121

## Impact Analysis of Pile-Supported Foundation Pits on Adjacent Viaduct Piles and the Monitoring Comparison Based on Numerical Simulation

PAN Kai, LIU Xiu-zhen, XIONG Wei-fen

(China Machinery TIDI Geotechnical Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】Through this engineering case study, the article introduces and analyzes the use of circular pile support structures in deep foundation pits under complex surrounding environments and complex geotechnical conditions. By utilizing numerical simulation methods, it analyzes the influence of the foundation pit project on nearby adjacent viaduct piles, predicts their deformation, and then compares and analyzes the results with the monitoring results, which provide reference and learning significance for this type of project.

【Keywords】numerical simulation; deep foundation pit; monitoring comparison; deformation prediction

## 1 引言

随着城市地下空间深度开发, 深基坑工程常面临紧邻建筑及复杂地质等严峻挑战。为确保施工安全并保护既有结构(如邻近立交桥桩), 创新支护技术与精确变形预测至关重要<sup>[1]</sup>。本文结合某复杂环境下的深基坑案例, 详细分析圆环桩撑支护体系的应用效果。通过建立数值模型模拟基坑开挖对临近桩基影响, 预测变形情况, 将理论结果与现场监测数据进行系统对比分析, 旨在为类似高风险深基坑工程设计优化与风险控制提供科学依据与实践参考。

## 2 工程概况

某工程位于武汉市洪山区。规划净用地面积为 8621.50m<sup>2</sup>, 总建筑面积为 68185.76m<sup>2</sup>, 地下室建筑面积为 19621.24m<sup>2</sup>。本项目由 1 栋 31 层住宅楼、1 栋 30 层办公楼及三层地下室组成, 基础形式为钻孔灌注桩基础。基坑开挖深度为 13.70m~18.00m。

本工程位于洪山区中心地区, 周边环境较为复杂。①基坑北侧坑顶边线距离用地红线约 0.34m~8.20m, 红线外为空地, 地下为规划中的 8 号线轨道

交通(该线路待本项目完工后开工, 对本项目无影响, 见图 1)。②基坑东侧坑顶边线距离用地红线约 0.71m~0.76m, 红线外为珞狮路及二环线立交桥, 其中珞狮路紧邻项目用地红线, 地下埋设市政管线, 二环线立交桥桥墩距基坑东侧坑顶边线约 21.95m~22.30m。③基坑南侧坑顶边线距用地红线约为 0.72m~8.90m, 红线外为空地及二环线立交桥匝道。匝道桥墩距基坑南侧坑顶边线约为 25.47m~31.18m。④基坑西侧坑顶边线距用地红线约为 0.23m~5.76m, 红线外为 1 层~2 层及 14 层~16 层现状建筑物。其中 1 层~2 层现状建筑物紧邻项目用地红线, 14 层~16 层现状建筑物距离基坑西侧坑顶边线约为 8.98m~17.01m, 两类均为天然基础。

## 3 场地岩土工程条件

### 3.1 场地环境条件

场地位于武汉市洪山区雄楚大道与珞狮路交汇处之西北角, 东临珞狮路。场地地势略有起伏, 呈北高南低态势, 地面高程在 27.50m~29.58m 之间, 地貌单元属长江 III 级阶地。

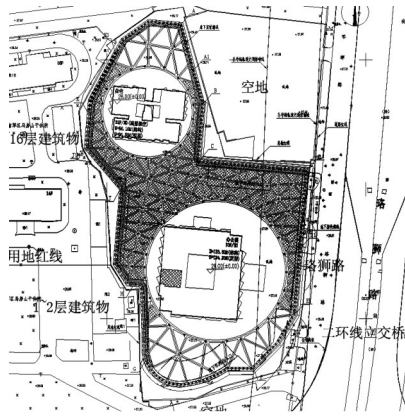


图1 基坑平面图

### 3.2 岩土层结构参数(见表1)

表1 各地基土层的物理力学性质指标及设计参数

层号	土名	$\gamma$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$c_k$ (kPa)	$\Phi_k$ ( $^\circ$ )	$f_{ak}$ (kPa)	$E_s$ (MPa)
①	杂填土	18.0	4	20		
②-1	粉质黏土	19.0	25	14	140	7.0
②-2	粉质黏土	19.2	32	15	240	10.0
②-3	粉质黏土	19.5	40	16	400	15.0
③-1	红黏土	19.3	26	14	270	10.0
③-2	红黏土	19.0	20	12	180	6.0
④-1	强风化页岩	19.7	50	18	500	$E_o=46.0$
④-2	中等风化页岩	22.0	150	30	$f_a=1500$	
⑤-1	强风化泥灰岩	19.8	60	20	600	$E_o=48.0$
⑤-2	中等风化泥灰岩	22.0	200	35	$f_a=2000$	
⑥	石灰岩	23.0	300	38	$f_a=4000$	

### 3.3 地下水

场地地下水类型主要为上层滞水及岩溶裂隙水。上层滞水赋存于上部杂填土中,地下水位主要受气候因素影响,大气降水、地表排水为其主要补给来源;勘察期间测得场地上层滞水静止水位为地面下0.4m~2.8m。岩溶裂隙水赋存于下部石灰岩、泥灰岩的溶洞及岩石裂隙内,根据本次抽水试验资料,场地岩溶裂隙水具有承压特性:K11孔测得承压水位为自然地面以下11.76m(高程15.54m),渗透系数 $K=9.21\text{m}/\text{d}$ ,在水位降深 $S=7.19\text{m}$ 时影响半径 $R_{\text{max}}=218\text{m}$ 。

## 4 基坑支护设计

### 4.1 工程特点

①地质情况较复杂:基坑影响范围内地质情况较复杂,浅部为杂填土及一般粘性土层,基坑坑底主

要为红黏土层(该层工程性质较差),基坑嵌固层为石灰岩、泥灰岩及页岩层,局部存在溶蚀现象。

②基坑周边环境情况较复杂:基坑周边分布有现状建筑物、道路、管线及立交桥,且距离基坑坑顶较近,对位移控制较为严格(见图2)。

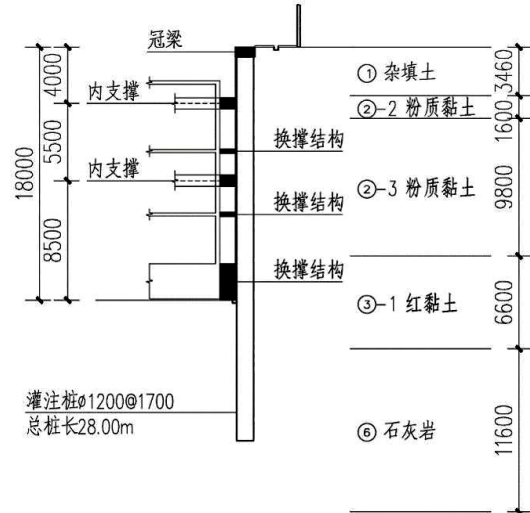


图2 基坑支护结构剖面示意图

③基坑情况较复杂:基坑开挖深度为13.70m~18.00m,开挖深度较深。地下室外墙距离红线约为2.90m~9.70m,可用的支护空间较窄,且无施工场地,需设置施工栈桥。同时,因建设单位有预售要求,需先行施工主楼,内支撑布置需考虑避开主楼。

### 4.2 基坑支护设计

结合本工程上述特点,基坑支护采用钻孔灌注桩+两道钢筋混凝土内支撑。其中,钻孔灌注桩桩径及间距为1000@1500、1200@1700、1300@1600,桩长为21.00m~28.00m;冠梁及腰梁截面为1000×1200、1000×1000、800×1000、1200×1400、900×1200;钢筋混凝土内支撑截面为1000×1100、800×650、900×750;栈桥板厚度为300mm;立柱桩径为1000mm,桩长为10.00m~15.00m。

考虑到本工程两栋主楼需先行施工,且基坑形状不规则,常规角撑+对顶撑的支撑形式难以满足要求。综合上述因素,基坑内支撑采用双圆环内支撑形式,此形式既能满足基坑平面稳定性,又能完全避开两栋主楼,满足主楼先行施工需求。

为满足基坑施工场地要求,对一层钢筋混凝土内支撑局部加强,使其兼做栈桥使用。该栈桥可作为施工堆场及重载车道,基坑内土方采用土栈桥出土(见图3)。

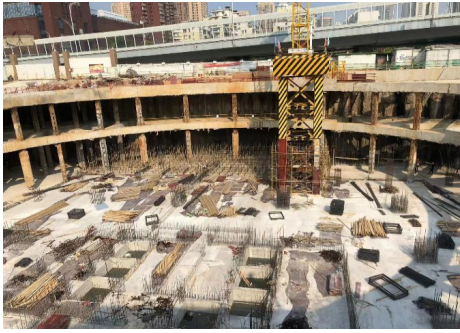


图3 现场支护图

## 5 数值模拟分析

### 5.1 模型建立

采用有限元软件对本基坑典型断面进行模拟,选取基坑东侧临近立交桥段建立二维模型<sup>[2]</sup>。该二维模型共划分 6086 个单元、9521 个节点。数值模拟计算参数根据本项目地勘资料取值,弹性模量按经验取压缩模量的 2.0 倍~4.0 倍。各工序情况如下:

工序 1: 基坑施工前初始状态。计算初始地应力,保留应力状态并将初始位移归零,该状态为基坑施工的初始基准状态。

工序 2: 施工支护桩,开挖至一二层内支撑底,施工一二层内支撑。该工序包含基坑围护结构、一二层内支撑的施工及一二层土方开挖。模拟施工过程中基坑变形及对立交桥桩的影响。

工序 3: 基坑开挖至坑底。该工序为最后一层土方开挖,模拟基坑在最不利工况下的自身变形及其对立交桥桩的影响。

### 5.2 模拟结果分析

计算得到基坑开挖过程中支护结构变形和临近立交桥桩变形数据: 基坑支护结构最大水平位移 13.7mm, 立交桥桩最大水平位移 5.0mm。据此可初步预测本基坑施工对临近立交桥影响较小(见图 4)。

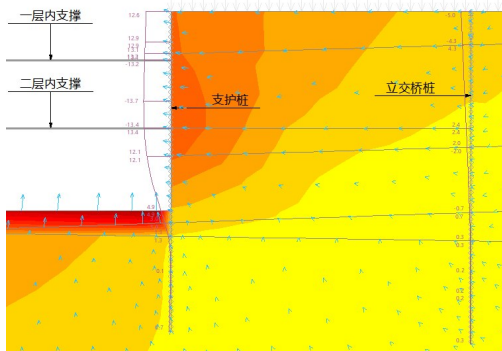


图4 基坑开挖对临近立交桥桩影响云图

## 6 监测结果对比

本基坑工程条件复杂,施工前及过程中各方单位经多次沟通协调,整体施工进度顺利。基坑施工全过程均开展了监测工作,各监测项目结果如下。

① 模拟断面基坑支护结构最大水平位移 13.7mm, 立交桥桩最大水平位移 5.0mm; 该断面临近监测点对应实测结果分别为 19.3mm、2.1mm。模拟结果低估了支护结构自身变形,高估了立交桥桩水平位移。

② 土体深层位移监测结果: 共设置 11 个监测点(TCX1~TCX11), 累计位移最大值为 18.50mm~27.80mm, 均在设计允许值范围内,未超报警值。

③ 地面位移及沉降监测结果: 共设置 19 个地面位移监测点(PDX1~PDX19), 累计最大值为 18.10mm~31.00mm; 设置 19 个地面沉降监测点(PDY1~PDY19), 累计最大值为 15.30mm~21.70mm; 位移及沉降监测结果均在设计允许值范围内,均未超报警值。

④ 周边建筑物及道路沉降监测结果: 共设置 38 个点监测点(HJX1~HJX38), 累计最大值为 2.20mm~6.40mm, 沉降监测结果均在设计允许值范围内,均未超报警值。

## 7 结语

本文以武汉市洪山区双圆环内支撑基坑工程为例,讨论了复杂基坑支护问题。在复杂情况下开挖基坑时,可预先采用数值模拟方法评估基坑自身安全情况及预测基坑开挖对周边重要建构物影响。

① 采取钻孔灌注桩+两道钢筋混凝土内支撑,可有效控制基坑自身及周边环境的变形情况。

② 数值模拟方法可初步预测基坑自身及周边重要建构物的变形,经与监测结果的对比可知数值模拟结果基本可靠,可指导基坑的设计工作<sup>[3]</sup>。

## 参考文献

- [1] JGJ 120-2012. 建筑基坑支护技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 1078-1091.
- [3] 郑刚, 颜志雄, 雷华阳, 雷扬. 基坑开挖对临近桩基影响的实测及有限元数值模拟分析[J]. 岩土工程学报, 2007, 29(5): 638-643.