

某深厚软土桩锚基坑塌方事故的数值模拟 影响分析及后续处理

刘秀珍¹, 閤超², 潘凯¹

(1. 中机三勘岩土工程有限公司; 2. 武汉地质勘察基础工程有限公司)

【摘要】在深厚淤泥质软土中采用钻孔灌注桩加旋喷锚索作为围护结构，辅以水泥土搅拌桩加固被动区，如果施工过程控制不当，基坑容易产生较大变形。文章以武汉市东西湖区某基坑工程为例，运用数值模拟方法模拟基坑塌方过程，尝试分析该基坑产生过大变形的原因，并对类似基坑工程提出建议，具有一定的借鉴和指导意义。

【关键词】数值模拟；软土基坑；影响分析；监测对比

中图分类号：TU753

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.146

Numerical Simulation Influence Analysis and Subsequent Handling of a Collapse Accident in a Deep Soft Soil Pile-Anchored Foundation Pit

LIU Xiu-zhen¹, XIA Chao², PAN Kai¹

(1.China Machinery TIDI Geotechnical Engineering Co., Ltd.; 2.Wuhan Geotechnical Survey Foundation Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】In deep silty soft soil, bored piles combined with jet-grouted anchor cables are used as the retaining structure, supplemented by cement-soil mixing piles for passive zone reinforcement. If the construction process is not properly controlled, the foundation pit is prone to significant deformation. Taking a case study from a certain foundation pit project in Dongxihu District, Wuhan, this article uses numerical simulation to simulate the collapse process of foundation pit, attempts to analyze the reasons for excessive deformation of this foundation pit, and puts forward suggestions for similar foundation pit projects, which has certain reference and guiding significance.

【Keywords】numerical simulation; soft soil foundation pit; impact analysis; monitoring comparison

1 引言

随着我国城市建设和地下空间开发的快速发展,基坑工程面临的问题也越来越复杂,临江河、临地铁、隧道、高架等以及复杂的地质条件如深厚淤泥、溶洞、地下水等,均给基坑工程带来了新的挑战。软土的力学性能决定了在该地区基坑及基础工程实践难度大、造价高,事故常有发生。众多技术人员针对软土地区基坑支护进行了设计实践与探讨^[1],得出了一些经验及教训。本文以武汉市东西湖区某基坑工程为例,对该基坑施工过程中产生过大变形及塌方的原因进行全面分析,对类似基坑工程的设计、施工和管理方面提出建议,具有一定的参考、借鉴价值。

2 项目概况及失稳情况

该项目位于武汉市东西湖区,设二层地下室(局部一层),二层开挖深度9.2m~12.55m,一层开挖深度5.1m。总面积约为22250m²,周长约为608m。

基坑北侧地下室外墙线外5.5m是现场施工道路、钢筋加工场及临建等;东侧地下室外墙外12m为施工道路,再往外7m即为已建成市政高架桥桥墩;南侧地下室外墙线距离红线约13m;西侧为已经建成一期二层地下室(见图1)。



图1 基坑周边环境图

本项目岩土工程条件差,周边环境复杂,工期紧张,建设单位要求不使用支撑。故二层地下室支护方式主要采用双排桩加被动区加固和排桩加旋喷锚索支护方案。失稳段为DEF段,长度约60m。采用的支护方式为桩顶放坡加旋喷锚索支护方案。DEF段基坑支护剖面图(见图2)。

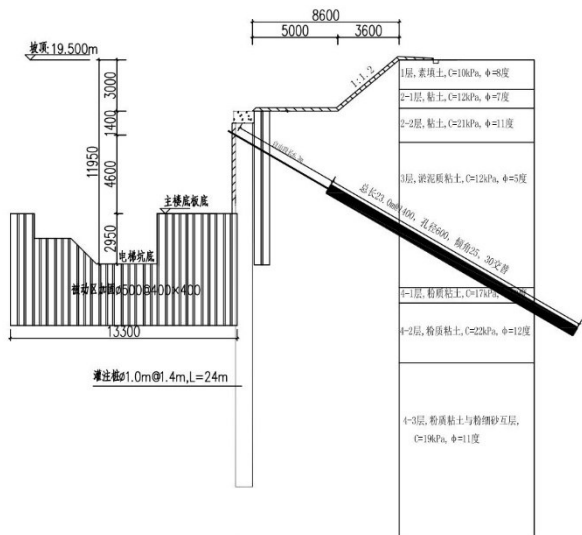


图2 DEF段基坑支护剖面图

DEF段先是大面积开挖到底(此段是基坑开挖的最后一段),再开挖EF段电梯坑中坑。结果技术人员在基坑巡查过程中发现EF段中部冠梁外侧出现裂缝,随后裂缝迅速扩展,紧接EF段中部支护桩向坑内倾斜、锚索破坏、边坡垮塌,并带动DE段部分支护桩向坑内倾斜。险情出现后,施工单位迅速组织移除坡顶路面上堆载的废弃工程桩头并下挖部分土方进行坡顶卸载,在坑内进行局部反压回填等应急措施(见图3)。



图3 基坑失稳图

3 失稳原因分析

基坑局部垮塌后,建设方组织各参建单位召开会议,初步分析事故原因有如下几点。

①工期太赶。该处被动区加固搅拌桩施工完仅两周时间基坑就已开挖,搅拌桩龄期远没有到设计及规范要求的至少28天。此时搅拌桩强度未达到设计值,不能起到改良被动区土体的作用。

②施工原因。设计中桩顶卸荷平台宽度达4m~5m,而施工现场卸荷平台宽度不足1m,远未达设计值。软土地区卸土力度对桩顶减载、控制支护结构变形至关重要,本项目忽视了这一条。据统计,软土地区基坑失稳多数原因是控制荷载不力造成。

③现场管理混乱。除桩顶卸土力度未达标以外,坑内破除的工程桩桩头等荷载均堆积在坡顶未进行清理,加之坡顶施工车辆未实施管控,坡顶超载严重。

④各项检测不到位。会议现场查找各检测资料,如支护桩的检测资料、被动区搅拌桩的强度检测报告、锚索的抗拉试验报告等都未能提供,无法确定锚索施工效果。基坑很可能在各项检测均不到位的情况下就实施开挖,实为野蛮作业。

4 数值模拟

对基坑北侧临近立交桥段建立二维模型(塌方段),采用平面有限元软件对该断面进行模拟^[2]。模型共划分4298个单元,6176个节点。数值模拟计算参数根据本项目的地勘资料取值,弹性模量按经验取压缩模量的2.0倍~4.0倍。

工序1:基坑施工支护桩、坑内加固,开挖至锚杆顶,施工高压旋喷锚索,开挖至基坑底。该工序包含基坑围护结构、坑内加固和高压旋喷锚索的施工和土方的开挖。模拟了施工过程中基坑的变形和对立交桥桩的影响。

工序2:在基坑顶堆放桩头导致锚索失效基坑破坏。该工序包含额外超载的施加。该工况模拟了基坑在额外超载的工况下基坑自身的变形和其对立交桥桩的影响。

5 模拟结果分析

计算得到基坑塌方过程中支护结构的变形和临近立交桥桩的变形。基坑支护结构最大水平位移269.8mm,立交桥桩最大水平位移9.7mm,高压旋喷

锚索已失效。

由于基坑坡顶的塌方,该段支护桩顶的位移监测结果缺失,立交桥桩最大水平位移监测值为2.8mm。该结果反映在基坑发生显著变形后,及时有效的抢险措施能够显著减少基坑垮塌对周边环境的破坏(见图4)。

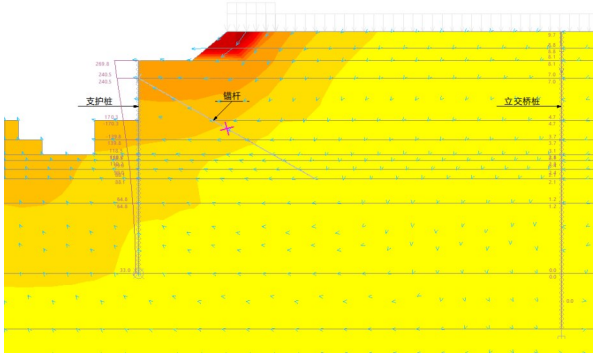


图4 基坑塌方对临近立交桥桩影响云图

6 处理措施及效果

对这类坍塌事故最常见的及时抢险措施一般为卸载和回填反压。所幸本项目距离外侧高架桥墩还有一定距离,具备卸土条件。在事故发生的第一时间就将支护桩外侧土体卸载,反压回填。经过大面积卸载和回填反压后,第二天变形趋于稳定,经专家开会讨论后形成下一步工作安排。

①加密监测点,临近的高架桥桥墩立即进行沉降及位移监测。

②基坑周边地面以及放坡坡面出现的裂缝进行灌浆封闭处理,破损或滑移的混凝土护面进行修复,以防雨水大量进入土体。

③采用重新设置钻孔灌注桩+加固土体重力式挡墙的支护形式设计方案,新增加的支护桩及加固体达龄期后进行相应检测。

④基坑开挖后应对此区段相关的工程桩再次补充低应变及桩位水平偏差检测。

设计单位根据专家意见,对EF段(主楼临边段)及牵连的部分DE段重新设计了支护桩(根据位移判断原支护桩已折断不可再用),并采用高压旋喷桩把EF段坑外、坑内基底以下土体进行了加固;对DE段纯地下室采用分缝施工方式,设置坑内斜抛撑后再挖除反压土体。

加固方案严格按设计要求实施,施工、监测、检测工作按以上意见执行,全程执行信息法施工原则。历经四月有余,此段基坑开挖终于安全到达施工底

板,表明加固效果良好。

7 结语

软土地区基坑工程是一项综合性强、不确定性高、风险性大的系统工程,不少事故与勘察、支护设计、土方开挖、施工质量、监控量测、现场管理等因素都有关,而事故的发生又往往具有突发性^[2]。

本工程大面积已经开挖到底,在开挖最后的土方马道和电梯坑中坑时发生垮塌事故,重新回填、施工支护桩、加固土体,地下室施工又进行分缝、施工斜剖撑等,经济损失严重,工期严重受阻,经验和教训非常深刻。

①施工单位应严格按图施工;应合理规划工期及渣土堆放场地,避免出现支护体龄期不到便实施开挖和周边超载现象。

②基坑开挖过程中,必须重视基坑坑底土体的加固效果,通过满堂加固可以起到暗撑的作用,提高整体稳定性和基坑内侧被动区土体的抗侧压能力,对确保基坑的整体稳定和安全作用重大^[3]。

③在基坑发生显著变形后,施工单位采取及时有效的抢险措施能够显著减少基坑垮塌对周边环境的破坏。

④深厚软土基坑方案设计时,应采取有效措施,避免隆起破坏和整体滑移破坏发生的可能。

⑤基坑工程是危大工程,比其他基础工程更突出的特殊性是其设计和施工完全是相互依赖、密不可分的,施工的每一个阶段,结构体系和外面荷载都在变化,而且施工工艺的变化,挖土次序和位置的变化,支撑、锚杆和留土时间的变化等,都非常复杂,且都对最后的结果有直接影响^[3]。各参建单位应互相协调、配合,严格监管、监测,全面降低事故发生的几率。

参考文献

- [1] 卫彬, 李想, 谭勇. 软土地区某深基坑支护失稳分析[J]. 施工技术, 2015 (4): 72-76.
- [2] 钟铮. 软土地区某大面积基坑工程险情分析与处理[J]. 岩土工程学报, 2014, 36 (增1): 231-236.
- [3] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.