

文章编号: 1007-2993(2022)06-0452-04

填海区某深厚软土浅基坑事故分析及处理

周长标¹ 乔丽平²

(1. 深圳市建筑工程质量安全监督总站, 广东深圳 518030;
2. 深圳市岩土综合勘察设计有限公司, 广东深圳 518172)

【摘要】 以深圳地区某深厚软土浅基坑工程为例, 介绍了该基坑支护型式、隆起事故、事故原因分析和处理措施, 并与第三方监测结果作了对比分析, 得出如下结论: (1) 深厚软土浅基坑采用放坡形式支护时, 设计应至少验算基底以下 2 倍基坑深度范围内的土体稳定性, 并严格限制坡顶荷载, 否则坑底易发生隆起破坏; (2) 深厚软土浅基坑采用悬臂桩支护时, 应确保支护桩穿透淤泥层, 以保证足够的有效嵌固深度; (3) 在深厚软土浅基坑的被动区采用搅拌桩加固, 可提高被动区土体力学性能, 能够有效控制支护结构变形, 同时避免坑底隆起变形。该工程经验及分析结论对类似工程具有参考意义。

【关键词】 深厚软土; 浅基坑; 坑内加固; 隆起破坏

【中图分类号】 TU 447

【文献标识码】 A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.06.005

Analysis and Treatment of Shallow Pit Accident in Deep Soft Soil Areas in Reclamation Area

Zhou Changbiao¹ Qiao Liping²

(1. Shenzhen Construction Quality and Safety Supervision Station, Shenzhen 518030, Guangdong, China; 2. Shenzhen Comprehensive Geotechnical Engineering Investigation & Design Co., Ltd., Shenzhen 518172, Guangdong, China)

【Abstract】 Taking a shallow foundation pit in deep and soft soil in Shenzhen as an example, the support type, uplift accident, accident cause analysis and treatments of the foundation pit were introduced. Compared with the third-party monitoring results, the conclusions are as follows: (1) When the deep soft soil shallow foundation pit is supported by slope, the soil stability within the range of at least twice the depth of the foundation pit below the base should be calculated, and the load on the slope top should be limited strictly, otherwise the pit bottom is prone to uplift failure. (2) When the cantilever pile is used to support the shallow foundation pit in deep and soft soil, the supporting pile shall penetrate the silt layer to ensure sufficient effective embedded depth. (3) Strengthening the passive area of shallow foundation pit in deep soft soil with mixing pile can improve the mechanical properties of soil, effectively control the deformation of supporting structure and avoid the uplift deformation of pit bottom. The engineering experience and analysis conclusion have reference significance for similar projects.

【Key words】 deep and soft soil; shallow foundation pit; improvement of shallow pit; uplift failure

0 引言

大量专家学者针对软土深基坑的安全控制和变形控制技术进行了深入研究, 许建峰等^[1]分析了杭州软土地质条件下基坑开挖对邻近地铁隧道的影响; 刘念武等^[2]针对软土深基坑开挖对地铁车站基坑及邻近建筑变形特性展开了研究; 徐中华等^[3]等对邻近地铁隧道的软土深基坑变形实测进行了分析; 殷一弘等^[4]介绍了深厚软土地层紧邻地铁深大基坑分区设计思路; 乔丽平等^[5]以深圳填海地区、地铁安保区内某软土深基坑工程为例, 介绍了在深圳填海地区、地

铁安保区内进行软土深基坑工程设计的全过程, 包括工程概况、设计难点分析、方案设计及计算分析、三维有限元计算分析, 并与第三方实际监测结果作了对比分析。相反, 在深厚软土地区进行浅基坑开挖, 如何在保证基坑安全和对周边环境变形影响可控的前提下尽量提升经济性也是一个重要课题。冯诚等^[6]以珠海市的 2 个软土浅基坑工程为例, 总结出几点类似工程事故预防与措施方法; 杨宇等^[7]介绍了福建某深厚软土基坑的事故分析和抢险加固措施; 张玉成等^[8]总结了珠三角软土的工程力学性质特点, 针

作者简介: 周长标, 男, 1980 年生, 汉族, 山东菏泽人, 硕士, 高级工程师, 国家一级注册结构工程师, 一级注册建造师, 主要从事工程质量安全监督监管、研究及咨询工作。E-mail: 36328807@qq.com

对深厚软土浅基坑的特殊性和工程实践中发现的问题,探讨了深厚软土浅基坑支护若干问题。

本文以深圳地区某深厚软土区浅基坑工程为背景,结合本工程中发生过的隆起事故和事故处理过程,对深厚软土地区浅基坑的安全和变形控制进行探讨,其经验可供类似工程参考。

1 工程概况

1.1 项目概况

该项目总占地面积约 25000 m², 设一层地下室, 基坑周长约 570 m, 开挖深度 3.70 ~ 4.45 m, 基坑竖向投影面积约 20000 m²。场地东侧紧邻工业区厂房(浅基础形式), 南侧距茅洲河约 29 m, 西侧为待建空地, 北侧紧邻其他基坑工程, 具体周边环境见图 1。



图 1 基坑周边环境图

1.2 地质条件

场地表层为杂填土层(Q₄^{ml}), 其下为第四系冲洪积层(Q₄^{al+pl})和第四系残积层(Q₄^{el}), 下伏基岩为震旦系砂岩风化带(Z_s)。典型地质剖面见图 2。基坑所在场地主要岩土层的物理力学指标见表 1。基坑坑底以上主要为杂填土和淤泥层, 坑底以下主要为淤泥。

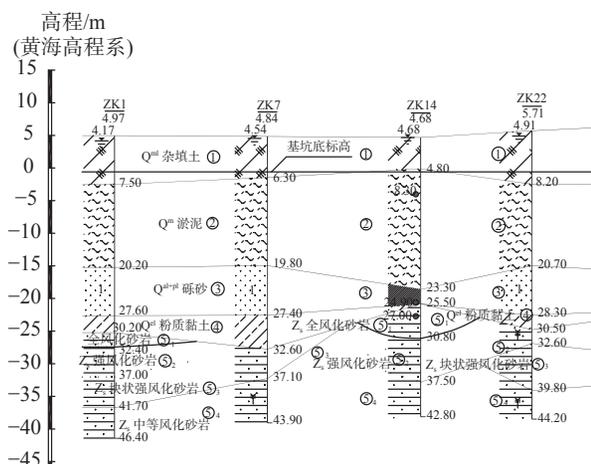


图 2 典型地质剖面图

表 1 场地岩土层的主要物理力学参数

土层编号	土层名称	重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	变形模量 E_p/MPa	含水量 $w/\%$	孔隙比 e	泊松比 ν	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	渗透系数 $k/(\text{m}\cdot\text{d}^{-1})$
①	杂填土	17.0				0.35	10.0	15.0	5.0
②	淤泥	16.0	3.0	67.29	1.862	0.3	8.0	3.0	0.005
③	砾砂	18.5				0.4	5.0	25.0	15.0
④	残积粉质黏土	18.5	25.0	27.15	0.827	0.35	22.0	20.0	0.5
⑤ ₁	全风化砂岩	19.0	60.0	20.85	0.694	0.3	15.0	25.0	0.8
⑤ ₂	强风化砂岩	21.0	100.0			0.28	22.0	32.0	1.5
⑤ ₃	块状强风化砂岩	21.5				0.2	25.0	35.0	1.8

1.3 基坑围护方案

基坑东侧和东南侧采用悬臂式钢筋混凝土灌注桩支护型式, 悬臂桩直径 1000 mm, 桩间距 1.8 m, 桩长 18.0 m, 基坑被动区采用格栅状水泥搅拌桩加固, 加固体宽度 6.4 m, 加固深度 5.0 m。其余侧采用 1 : 2.0 坡率放坡开挖, 坡脚设置 2 ~ 3 排人字形钢管+砂袋反压加固坡脚(见图 3、图 4)。

2 基坑隆起事故分析和处理

本工程于 2018 年 9 月开始施工, 2019 年 2 月开挖至基底, 2019 年 4 月在进行东侧区域底板浇筑期间, 基坑西侧南段坡脚曾发生隆起, 险情发生后采取了应急处理措施, 避免了险情的进一步发生。

2.1 基坑隆起事故概况

该基坑东侧区域在进行底板浇筑时, 西侧南段

区域基坑坡脚发生隆起, 隆起高度约 2 m, 影响宽度约 2 m, 沿基坑西侧南段长度约 40 m(见图 5)。

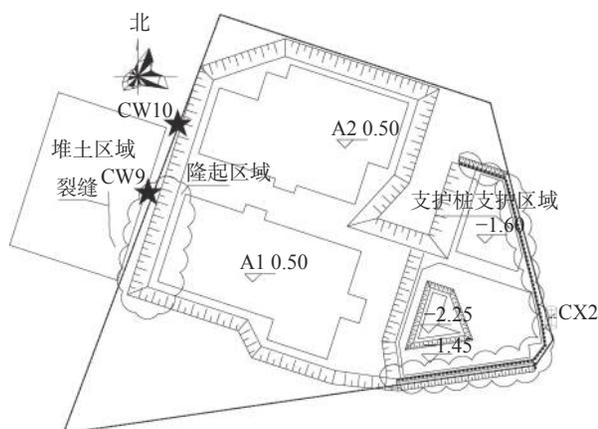


图 3 基坑围护平面示意图

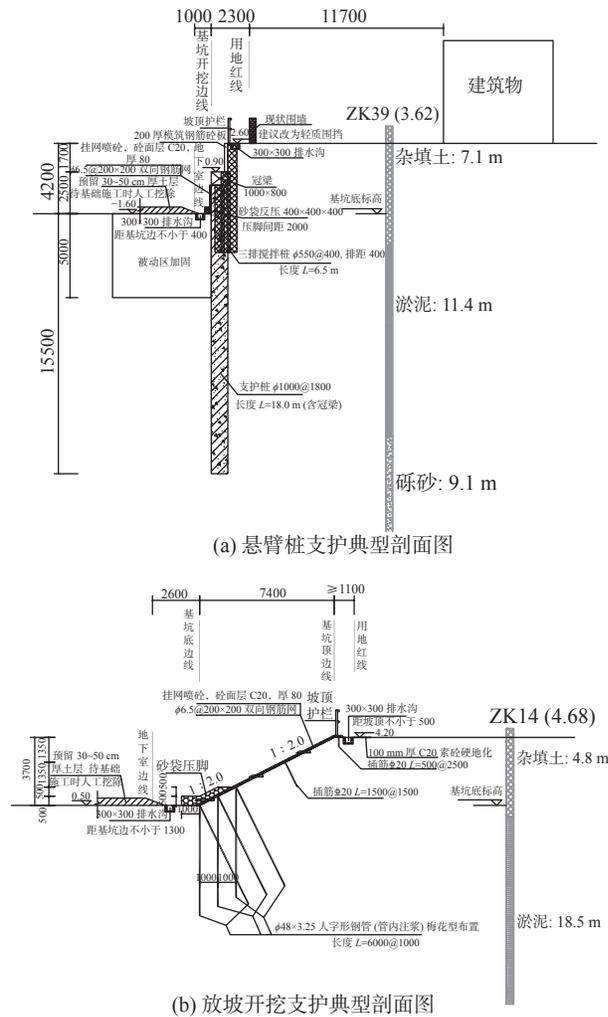


图4 基坑围护典型剖面图(单位:mm)



图5 隆起段现场图(镜向N, 基坑位于照片右侧)

2.2 事故分析和处理

(1) 初步原因分析及应急处理

隆起事故发生后, 经过现场排查, 基坑坡面无裂缝, 且可清晰辨认原坡脚以及在坡脚处反压的砂袋, 初步推断隆起发生于基坑底, 且与坡脚之间有一定距离。在基坑顶距离坡脚约 6 m 处发现一堆土形成的土山, 长度约 70 m(沿基坑放坡走向), 高度 5~6 m, 宽约 50 m, 部分裸露无覆盖(见图 6)。该堆土地地为本项目二期建设用地, 所堆放的土方为本项目基坑

开挖产生的部分土方, 施工单位计划将其用作回填土, 一直未运出场地, 以致形成目前土山。初步判断, 该处隆起为基坑顶堆载过大引起, 因此第一时间要求对基坑顶堆土进行卸载。

卸载完成后, 现场调查发现, 原堆土区域的素砼地面出现数条明显裂缝(见图 7), 裂缝两侧存在明显高差, 分析为地面沉降引起, 根据现场裂缝分布情况进一步推测, 基坑顶堆土过量, 导致基坑底淤泥发生隆起破坏。



图6 基坑顶堆土照片(镜向N, 基坑位于照片右侧)



图7 原堆土区域地面照片

(2) 计算验证

采用理正深基坑 7.0 软件对放坡开挖典型剖面进行计算^[9-10], 计算深度为基坑底以下 10.0 m, 计算步长为 1.0 m, 主要计算结果见图 8。计算结果显示, 基坑底以下 10.0 m 范围内土体稳定性均满足要求。

根据现场情况, 施加荷载后重新对该剖面进行计算验证, 并与原计算对比。计算深度为基坑底以下 10.0 m 范围, 滑裂面搜索步长为 1.0 m, 计算结果见图 9。

通过对比两次稳定性计算安全系数可发现, 在施加了基坑顶荷载后, 对基坑的整体稳定性有很明显

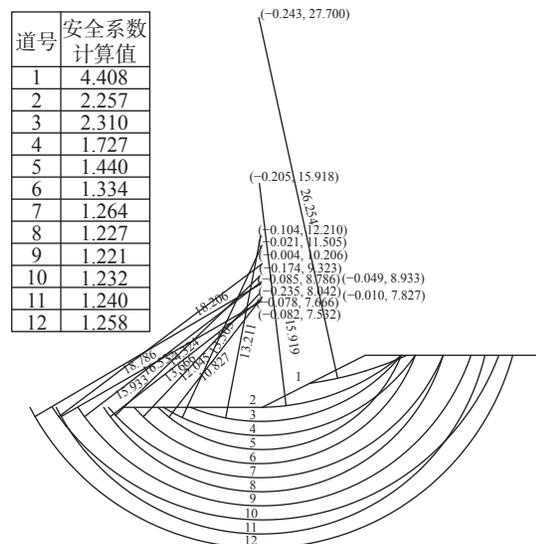


图8 放坡侧典型支护剖面计算结果

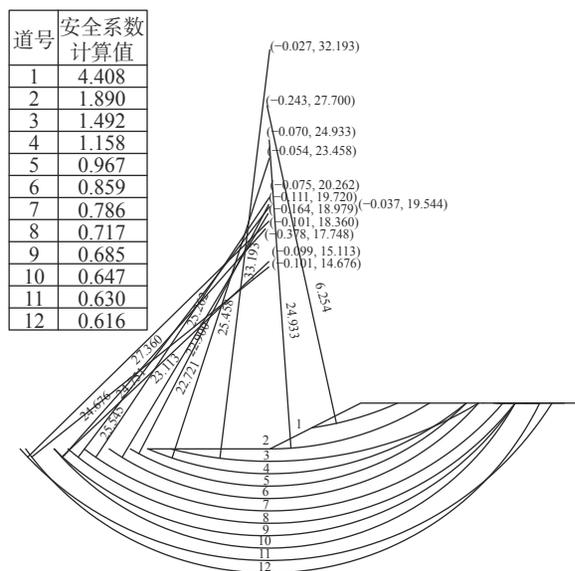


图9 考虑堆载后的计算结果

的影响,当计算至基坑底以下 2.0 m 时,稳定性计算开始不满足设计要求,尤其是基坑底以下超过 3.0 m 的部分,稳定安全系数已小于 1.0,基坑存在坑底隆起的危险。计算结果与现场调查分析情况一致,根据计算结果,事故原因为基坑顶附加荷载过大,导致基坑底以下深度大于 3.0 m 的淤泥失稳,造成基坑底隆起,因淤泥从深层隆起,因此坡面支护结构未发生明显表现破坏,保存较完整。

3 基坑监测情况

本工程于 2018 年 9 月开始施工,2019 年 9 月施工完成并回填。基坑于 2019 年 2 月开挖至基坑底,支护结构水平位移变化曲线见图 10。根据监测结果,基坑东侧和东南侧(即采用悬臂桩支护的区域)最大变形发生在 CX2 处,变形量为 6.18 mm,放坡区域最大位移发生在 CW10 处,变形量为 38.71 mm(隆起区域隆起前最大变形发生在 CW9 处,变形量为 29.51 mm,隆起后监测点被破坏无法继续监测)。根据实际监测数据可知:

(1)放坡区域位移量虽未超过设计要求,但位移量较大,考虑到基坑开挖范围内大部分为杂填土,侧面说明基坑底以下淤泥对基坑的变形影响很大。

(2)采用悬臂支护桩+被动区加固可有效控制软土基坑的变形。

4 结论

(1)当深厚软土浅基坑采用放坡形式支护时,设计应至少验算基底以下 2 倍基坑深度范围内的土体稳定性,并严格限制坡顶荷载,否则坑底易发生隆起破坏。

(2)深厚软土浅基坑采用悬臂桩支护时,应确保

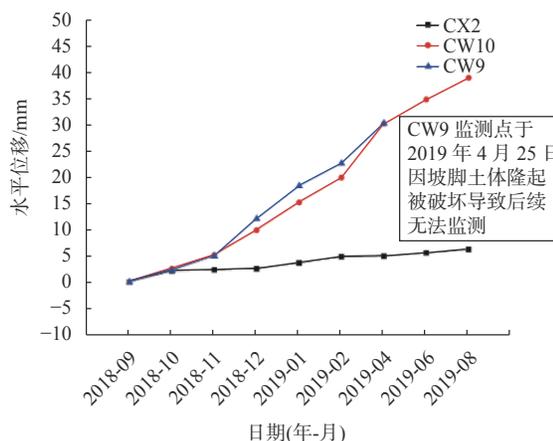


图10 支护结构水平位移变化曲线

支护桩穿透淤泥层,以保证足够的有效嵌固深度。

(3)在深厚软土浅基坑的被动区采用搅拌桩加固可提高被动区土体力学性能,能够有效地控制支护结构变形,同时避免坑底隆起变形。

(4)在软土基坑工程中,全方位、全过程的监测工作至关重要,也是确保基坑和周边建(构)筑物安全的重要手段之一。

参 考 文 献

- [1] 许建峰,王金昌,边 驰,等. 杭州软土地质条件下基坑开挖对邻近隧道影响分析[J]. 科技通报, 2020, 36(3): 103-108.
- [2] 刘念武,陈奕天,龚晓南,等. 软土深开挖致地铁车站基坑及邻近建筑变形特性研究[J]. 岩土力学, 2019, 40(4): 1515-1525.
- [3] 徐中华,宗露丹,沈 健,等. 邻近地铁隧道的软土深基坑变形实测分析[J]. 岩土工程学报, 2019, 40(4): 41-44.
- [4] 殷一弘. 深厚软土地层紧邻地铁深大基坑分区设计与实践[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(S1): 41-44.
- [5] 乔丽平. 前海地区某深基坑水平位移计算及监测分析[J]. 岩土工程技术, 2018, 32(1): 6-9.
- [6] 冯 诚,冯申辉. 深厚软土地区浅基坑事故预防与处理措施[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(S1): 711-714.
- [7] 杨 宇,王 奎,刘佑祥,等. 某深厚软土基坑事故分析及抢险加固设计案例[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S1): 175-179.
- [8] 张玉成,杨光华,胡海英,等. 珠三角深厚软土地区浅基坑支护若干问题探讨[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S1): 1-11.
- [9] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [10] SJG 05—2011 深圳市基坑支护技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.