

关于某基坑工程外侧局部坍塌事故的分析和加固处理

张 萧¹ 张欣海¹ 孙炳裕² 柳 旻³ 武 帅⁴

1 深圳市勘察研究院有限公司, 广东 深圳 518023

2 深圳地质建设工程公司, 广东 深圳 518023

3 机械工业勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710043

4 大连港口设计研究院有限公司, 辽宁 大连 116000

[摘要]通过该工程局部坍塌事故, 结合其工程地质条件和水文地质条件, 分析坍塌事故发生的主要原因, 及时采取应急处理方案, 确保基坑工程和周边建筑物的安全, 并经专家咨询和论证, 对坍塌区域采取注浆处理进行加固, 处理区域支护桩外侧采取混凝土封板加固, 全过程采取信息化施工, 并进行自动化监测, 处理后沉降和位移趋于稳定, 加固效果良好。该事故的加固处理方案对类似工程具有一定的参考意义。

[关键词]基坑工程; 坍塌; 应急处理; 注浆加固; 自动化监测

DOI: 10.33142/aem.v5i6.9070

中图分类号: TU473.2

文献标识码: A

Analysis and Reinforcement Treatment of Local Collapse Accident on the Outside of a Foundation Pit Project

ZHANG Xiao¹, ZHANG Xinhai¹, SUN Bingyu², LIU Min³, WU Shuai⁴

1 Shenzhen Investigation & Research Institute Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518023, China

2 Shenzhen Geology & Construction Company, Shenzhen, Guangdong, 518023, China

3 China Jikan Research Institute of Engineering Investigations and Design Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710043, China

4 Dalian Port Design & Research Institute Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract: Based on the local collapse accident of the project, combined with its engineering geological and hydrogeological conditions, the main causes of the collapse accident were analyzed, and emergency response plans were taken in a timely manner to ensure the safety of the foundation pit project and surrounding buildings. After expert consultation and argumentation, grouting treatment was adopted to reinforce the collapsed area, and concrete sealing plates were used to reinforce the outer side of the support piles in the treatment area. Informationization construction was adopted throughout the entire process, and automatic monitoring is carried out, and the settlement and displacement tend to stabilize after treatment, with good reinforcement effect. The reinforcement treatment plan for this accident has certain reference significance for similar projects.

Keywords: foundation pit engineering; collapse; emergency response; grouting reinforcement; automated monitoring

引言

近年来深圳地区建设速度快, 城市更新单元速度加快, 土地资源紧张, 为节约用地, 需要充分利用地下有限空间, 尽可能扩大地下使用面积, 拟建基坑周边环境要求基坑施工过程中要确保既有建筑的稳定性和安全性, 使得基坑工程的施工难度增大, 基坑支护设计方案与施工质量显得尤为重要, 而且基坑施工一旦发生事故, 常常会导致重大损失和人员伤亡。为了避免深基坑事故的发生, 相关规范规定, 对于基坑深度大于 5m 的基坑工程必须经过专家论证。但由于基坑施工过程中一些不确定性因素, 导致产生了一系列基坑工程问题^[1-3]。

如基坑支护设计方案不合理、施工质量不过关、土方开挖过快, 支护结构整体变形不能有效控制, 很有可能导致基坑事故的发生; 若应急处理措施不及时或加固处理方案不合适, 可能会导致事故加剧恶化, 发生二次事故, 造

成不可挽回的损失。因此在重视与防范基坑工程风险的前提下, 了解如何及时处理基坑坍塌事故, 如何进行基坑工程的加固处理方案等, 也是非常必要的。

本文以深圳某地区某基坑工程局部坍塌案例为依托, 提出了应急处理措施和加固处理方案, 为基坑工程施工安全提供借鉴与参考。

1 工程概况

深圳市光明新区某工程用地面积为 42102m², 设 1 层地下室, 基坑深度 5.3~5.5m, 局部深度 11.6m。基坑共分两期开挖, 一期面积 16078.3m², 周长 542.7m; 二期面积 17033.8m², 周长 555.3m。

场地北侧临一条市政路, 基坑距离路缘最近约 4m, 下埋有市政路灯电力管线及通信线路, 用地红线为污水管道; 东侧为某小学校区, 南侧为某中学教学楼, 基坑距离教学楼最近约 10 米, 均采用桩基础; 西侧临近居民区,

环境复杂, 距离基坑最近约 7m, 采用天然地基浅基础; 场地四周管线分布复杂, 管线种类较多, 包含给水、污水、雨水、路灯、电力、燃气、电信管道等。

根据钻探揭露及地质资料分析, 在揭露深度内地层自上而下有人工填土层 (Q^m) 素填土 0.80~5.00m, 冲洪积层 (Q^{al+pl}) 淤泥质土 1.30~2.90m、中砂 1.50~4.30m、粉质黏土 0.80~6.10m, 残积层 (Q^l) 砂质黏性土 2.00~11.80m, 下伏加里东期花岗岩 ($\eta \gamma O_1$) 花岗岩各风化层。各岩土层物理力学性质指标参数如下表 1 所示。

表 1 岩土层物理力学性质指标

岩土层名称	凝聚力 c (kPa)	内摩擦角 ϕ (度)	天然重度 γ (KN/m ³)	渗透系数 k (m/d)	极限粘强度标准值 q_{sik} (kPa)
①素填土	8	10	17.0	1.0	20
②淤泥质土	10	10	17.5	0.001	20
③中砂	0	25	19.0	12.0	50
④粉质黏土	20	18	18.5	0.0005	50
⑤砂质黏性土	28	25	19.5	0.02	70
⑥全风化花岗岩	30	28	20.0	0.15	120

本场地内未见地表水。场地表层第四系人工填土层地下水较丰富且具有不均匀性, 下伏第四系冲洪积中砂层为强透水层, 基坑开挖时, 应注意地下水对基坑侧壁的影响, 并加强基坑内疏排水。稳定水位埋深为 2.80~3.30m, 水位标高介于 20.65~21.59m, 地下水受大气降水水位影响大, 呈动态变化, 地下水年变化幅度 1~3m。

本工程基坑安全性等级为二级。采用采用放坡土钉、悬臂桩、钢板桩, 以及内支撑的支护方式, 北侧、南侧、西侧采用灌注桩进行支护 (北侧局部采用放坡土钉形式), 东侧采用钢板桩进行支护, 东北侧局部采用内支撑进行支护; 采用桩间双管旋喷桩作为止水帷幕, 桩前挂网喷砼, 基坑开挖土层为素填土、淤泥质土、中砂、粉质黏土、砂质黏性土, 下伏花岗岩各风化层。具体见下图 1 工程平面图所示。

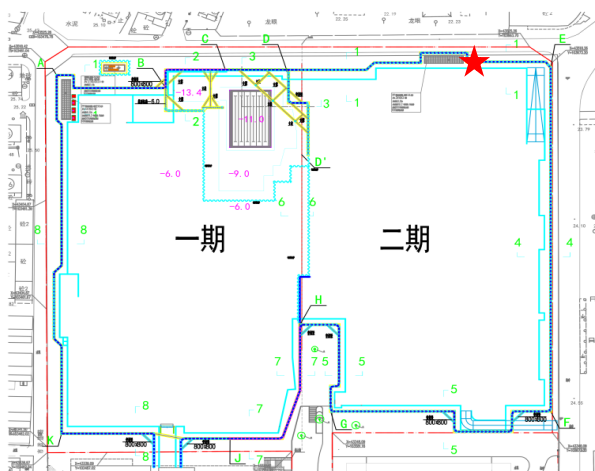


图 1 工程平面图 (星形表示坍塌区域)

2 事故概况及事故原因

2.1 事故概况

项目分二期施工, 一期基坑支护工程施工时间于 2022 年 3 月开始施工, 2022 年 6 月完成基坑支护结构施工, 并于 2023 年 2 月 10 日监测后基坑完成回坑。

该事故发生时一期基坑支护结构已施工完成, 土方开挖距离基底 4~5m, 该段基坑开挖深度约 11.4m, 基坑支护泳池区域 (基坑支护设计 2-2' 剖面, 图 1 中星形表示坍塌区域) 位于出土体土流失, 坑顶道路有塌陷现象, 路面出现裂缝的情况, 经人工开挖后发现地面下有一空洞, 尺寸长*宽*高约 5*3*5m, 支护桩桩间有破损和漏水漏砂现象。

根据现场勘察分析, 空洞附近钻孔显示: 其地层由上至下为人工素填土、冲洪积淤泥质土、中砂、粉质黏土、残积砂质黏性土及花岗岩各风化层。该段基坑支护设计 2-2 剖面支护形式为: 1000 灌注桩@1600+ ϕ 600@400 双管旋喷桩, 并在桩表面进行 80mm 厚挂网喷砼, 灌注桩桩长进入坑底以下深度 8m, 双管旋喷桩设计桩长 13.4m, 基坑开挖深度为 11.4m, 本段基坑开挖地层为素填土、淤泥质土、中砂、粉质黏土、砂质黏性土。坍塌时开挖深度约 6~7m, 已开挖地层为人工素填土、冲洪积淤泥质土及中砂层。

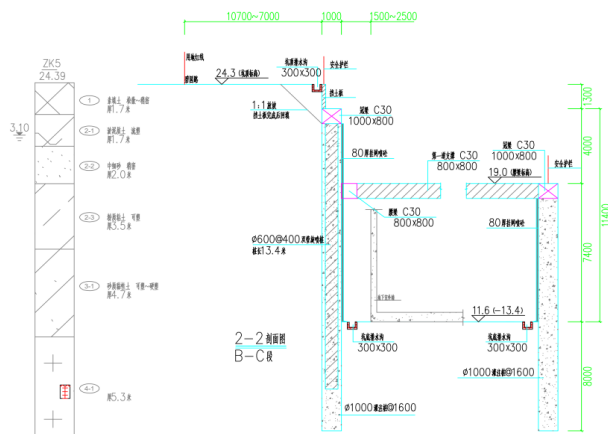


图 2 坍塌事故处支护剖面图

根据事故发生当天该区域第三方监测结果, 其中基坑顶水平位移累计值为 76.80mm, 变化速率 51.2mm/d; 道路沉降位移累计值为 99.34mm, 变化速率 57.76mm/d; 地下水水位下降累计为 5.3m, 变化速率 2.6m/d; 均远超过预警值。该处布置的基坑顶水平位移累计控制值为 50mm、变化速率 5mm/d; 道路沉降监测点累计控制值为 30mm、变化速率 3mm/d; 地下水水位下降累计控制值为 3m, 变化速率 0.5m/d, 达到控制值的 80%时应报警。

经过对监测报告分析, 其中道路沉降点累计值已在 2 天前超过控制值 30mm, 说明对该事故已有征兆, 但并未引起施工单位和监理单位重视。

2.2 事故原因

事故发生后经过走访调查周边居民,了解到该区域早期为一处鱼塘,后期因人工改造后堆填至现状标高,因年限久远,未收集到该区域堆填填料组成成分的相关资料。

根据现场勘查分析,拟处理区域本身基坑已采用Φ1000 灌注桩@1600+Φ600@400 双管旋喷桩进行支护,并在桩表面进行80mm厚挂网喷砼,为什么会出现桩间水土流失现象和基坑外侧土体坍塌事故?经分析其主要原因有几点:

(1) 根据基坑支护设计图纸显示,坍塌区域处地层为素填土、淤泥质土及中砂层,支护设计时已考虑地层因素,并采用双管旋喷桩进行桩间止水,由于岩土层整体结构松散,组成成分不均匀,填土压实质量一般,桩间止水效果远未达到预期效果,造成桩间水土流失;

(2) 基坑外侧早期为鱼塘,塘底为强透水层中砂,根据现场工人挖探揭示,前期堆填填料主要以中粗砂和黏性土为主,局部夹杂大小不一的碎石块,未经系统压实,土质整体结构松散,经过常年降雨入渗影响,该区域已伴有水土流失现象;

(3) 拟处理区域地层结构为素填土、淤泥质土、中砂、粉质黏土、砂质黏性土层,坍塌发生时该处基坑开挖深度约6~7m,根据周边钻孔资料显示,正好穿过中砂层底部约1m,当时因正值雨季,且近期降雨量大,大量地表水入渗,加剧水土流失致下部土体被掏空,最终导致坍塌;

(4) 经过监测报告分析,事故发生前坍塌区域已有部分数据显示异常,并超过控制值,但施工单位工作人员未引起重视,未采取有效防护措施,导致事故发生。

3 应急处理方案

鉴于本项目周边环境复杂,且涉及基坑安全问题,事故发生后立刻进行应急预案,采取应急措施,具体处理方案如下:

(1) 围合封闭。对坍塌区域进行加固处理前,先将水土流失周边区域,包括基坑外人行道路及车行道进行封闭处理,禁止行人和车辆通行;

(2) 坑顶卸载。对事故区域3m范围内基坑顶进行卸载,将周边材料堆码等物品清理,防止情况进一步加剧,同时在处理完成前禁止进行土方开挖;

(3) 破除路面。观察基坑顶道路开裂部位,分析水土流失区域,对水土流失区域范围内混凝土路面进行破除,预留出约2m×2m洞口,破除前应搭设钢管架固定在道路上,作业人员须佩戴好安全带,以免路面塌陷造成安全事故;

(4) 注入水泥及砂石。破除路面后,使用砂石、水泥的拌合物对底下空洞进行回填,并人工压实,加入少量水,使其有足够的和易性,并加入钢筋提升凝聚性。

4 加固处理方案及建议

根据现场勘查和分析,并经过专家咨询和论证,提出以下几点加固处理方案和建议:

(1) 注浆处理。采用砂石将空洞填满后,进行注浆加固处理,注浆孔间距0.5~1.0m,注浆压力0.2~0.5MPa,注浆深度应深入坑底以下深度不小于1m,加固范围按照鱼塘范围扩大1m考虑,并将坑顶道路进行封闭;

(2) 处理支护桩间空隙。支护桩外侧采用400厚C30混凝土挡板进行加固,并通过植筋方式与支护桩连接,植筋采用双排C16@1000钢筋,混凝土挡板配筋为C10@200×200双层双向钢筋网,与植筋焊接,同时采用分层分级施工桩间混凝土挡板,混凝土浇筑采用单侧支模进行施工;

(3) 对拟处理区域加强监测,适当增设监测点位;

(4) 同时对基坑周边地面一定范围进行地质雷达探测,查明空洞隐患,确保基坑安全;

(5) 在加固处理前严禁重型车辆行驶,以防发生超载影响危机基坑安全;

(6) 加强施工人员对基坑周边的巡查频次,积极与监测单位沟通,增强基坑安全风险防范意识;

(7) 应加强基坑工程风险管控措施。建立基坑工程风险管理制度,落实风险管理责任,提高基坑工程风险意识,从勘察、设计、施工、监理、监测及工程投资和工期控制,每个环节都应重视工程风险管理,要加强技术培训、安全教育和考核,严格执行基坑工程风险管理制度,要从思想上重视,重新进行安全技术交底和教育,严格按方案施工。

5 自动化监测及效果

对拟处理区域进行监测,对坍塌区域加固处理后3个月内坍塌区域的监测数据如下图3和图4所示。

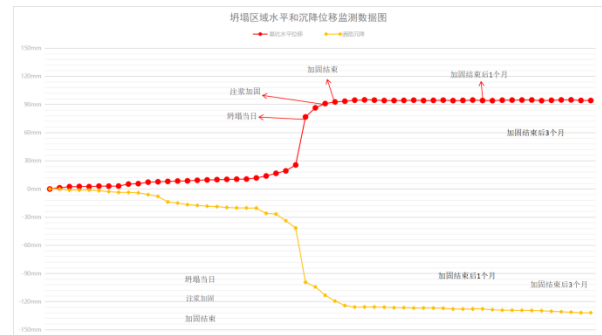


图3 坍塌区域水平和沉降位移监测数据图

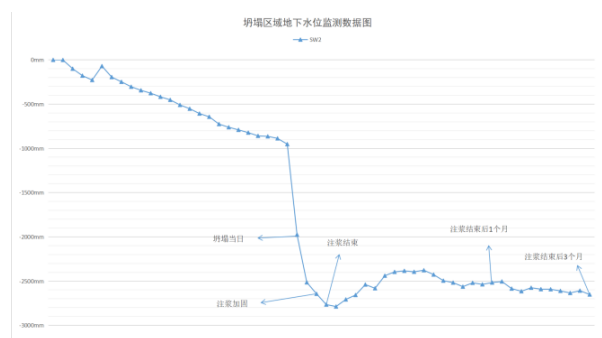


图4 坍塌区域地下水位监测数据图

根据监测数据显示,沉降和水平位移数据均趋于稳定,说明本次加固方案效果良好。拟建工程基坑工程现已竣工验收,周边建构筑物沉降稳定。

6 结语

随着国家经济水平的发展,目前危大工程项目越来越多,工程技术管理人员对大型深基坑往往关注较多、较重视,对于较浅基坑开挖在思想上轻视,导致现场施工局部坍塌事故发生较多。通过本次事故表明,施工管理工作存在严重失职,吸取事故教训,从以下几个方面提出建议:

(1)通过该工程局部坍塌事故的分析,结合其水文地质条件和工程地质条件,本次坍塌事故发生的主要原因是强降雨导致水土流失造成,通过采取应急处理方案,及时保障了拟建基坑工程和周边建构筑物的安全,另外通过对坍塌区域采取注浆处理进行加固和处理区域支护桩外侧采取混凝土封板加固,处理后沉降和位移趋于稳定,加固效果良好。拟建工程基坑工程现已竣工验收,周边建构筑物沉降稳定。该事故的加固处理方案对类似工程具有一定的参考意义。

(2)应加强基坑工程风险管控。建立基坑工程风险管理制度,落实风险管理责任,提高基坑工程风险意识,从勘察、设计、施工、监理、监测以及工程投资和工期控制,每个环节都应重视工程风险管理,要加强技术培训、安全教育和考核,严格执行基坑工程风险管理制度,减少深基坑事故的发生。

(3)完善应急救援预案。应急救援预案应根据深基坑施工各工况、各工序等特点,有针对性的建立从企业→项目指挥部→项目组→作业班组的应急救援机制,落实好各项准备工作,做好事故防范措施,能迅速启动救援机制,

有效组织实施救援,并通过演练检验、评价、适时调整应急预案的适用性和可操作性。

(4)信息化施工与监测。目前随着国家发展,信息技术和5G时代的来临,加快了大数据时代的发展,同时也给工程建设提供信息化施工建设的平台。在未来的施工过程中,应努力采用信息化施工和监测来有效应对基坑施工过程中的不确定因素。确保基坑的监测点设置要符合实际施工的需要,勘察单位和监理单位也应对监测数据进行分析,通过监测中发现的结构变化、荷载变化及水平沉降位移等,需各参建方积极处理,保障基坑施工的安全。

【参考文献】

- [1]刘健,王敬康,李海波.某深基坑局部坍塌事故原因分析与建议[J].建筑施工,2017,39(5):603-605.
- [2]顾辰欢,陈汉彬.深基坑边坡坍塌事故分析及处理实例[J].建筑施工,2011,33(12):1074-1076.
- [3]张生雨.某深基坑坍塌事故原因分析[J].建筑工人,2014(4):20-21.
- [4]注浆技术规程:YS/T 5211-2018[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [5]既有建筑地基基础加固技术规范(JGJ123-2000)[S].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [6]建筑基坑支护技术规程:JGJ 120-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [7]基坑支护技术标准:SJG 05-2020[S].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [8]建筑基坑工程监测技术标准 GB50497-2019[S].北京:中国计划出版社,2019.

作者简介:张萧(1989.10—),男,国家注册土木工程师(岩土),主要从事岩土工程勘察和设计方面的研究。