

水泥土重力式围护墙事故的分析与处理对策

晏 辛

上海勘察设计院(集团)有限公司, 上海 200093

[摘要]对于浅基坑,常采用水泥土重力式围护墙支护,虽然该工艺成熟,但工程事故却接连不断。文章通过众多工程事故实例及多年工程经验,总结了重力坝的破坏形式,并从技术和管理层面上分析事故发生的原因,最后从围护本身、施工安排、监测巡视等多方面提出了相应的事故处理及防范措施。

[关键词]重力坝;事故处理;防范措施;基坑工程

DOI: 10.33142/aem.v5i1.7805

中图分类号: TU476+4

文献标识码: A

Analysis and Treatment of Cement-soil Gravity Retaining Wall Accident

YAN Xin

SGIDI Engineering Consulting (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200093, China

Abstract: For shallow foundation pit, cement-soil gravity retaining wall support is often used. Although this technology is mature, engineering accidents continue. Through many engineering accident examples and many years of engineering experience, this paper summarizes the failure forms of gravity dams, analyzes the causes of accidents from the technical and management levels, and finally puts forward corresponding accident handling and prevention measures from the aspects of enclosure itself, construction arrangement, monitoring and inspection.

Keywords: gravity dam; accident handling; preventive measures; foundation pit projects

一般而言,基坑越深风险越大,然而实践证明,基坑事故却主要是来自浅基坑,这和人们对深浅基坑的区别重视程度有莫大关系。对于浅基坑,因为受到开发需求、用地红线的限制,往往导致预留给围护的施工空间有限,故而无法采用放坡的围护形式,板式支护因为造价较高、挖土不便,故也少有采用,浅基坑支护还是以采用水泥土重力式围护墙的形式为主。水泥土重力式围护墙又称重力坝,是以水泥系材料为固化剂;通过搅拌机械采用喷浆施工将固化剂和原状土强行搅拌;形成连续搭接的水泥土柱状加固体挡墙。

重力坝工艺成熟,形式简单,但重力坝事故在基坑事故中的比例却居高不下,故更需引起参建各方重视,并专门对重力坝事故进行归纳总结。本文以笔者多年工程实践经验,结合多个工程案例,简述了重力坝事故的分析与处理对策,可为后续类似工程提供参考和借鉴。

1 江苏太仓浏河银河湾案例

(1) 基坑事故概况:工程下设地下一层地库,基坑面积约 18000m²,基坑挖深 5.10m。事故发生处围护为椅子式重力坝,坝体宽 4.2m,内补偿宽 1.0m,采用 2φ700@1000 双轴水泥土搅拌桩,水泥掺量 13%,长 12.0m,内外排插入 6.0m 长 16b 槽钢,其余内插 1.5m 长 C12 钢筋,压顶采用 200 厚 C20 钢砼,内配 A8@200 双向钢筋。基坑东南侧局部开挖到底后,坝体前面两排搅拌桩脱落,坝体整体前倾,在坝体围墙的后方出现约 20 公分宽的纵向贯通裂缝,监测数据反映日变量 7 公分,且监测数据持续增大,暂未稳定。

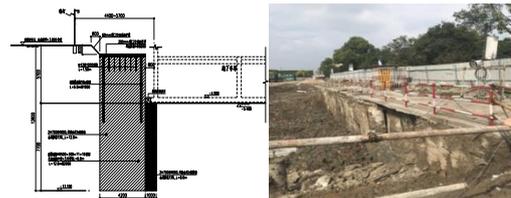


图 1 太仓基坑剖面图及事故现场图

(2) 基坑事故技术原因:①搅拌桩内插材料未插入压顶板,导致坝体整体性较差;②搅拌桩强度未达到设计要求;③坝体宽度不足仅 3.7m;④补偿搅拌桩与坝体其余搅拌桩分期施工,导致分界处黏结性不足。

(3) 基坑事故主要处理措施:当发现险情后,现场立即组织进行土方回填,后续加固方案采取完全回填后增设土钉墙的形式,喷射面层为 100 厚 C20 钢砼,内配 A8@200 双向钢筋,增加三道 φ80@1200 土钉,内置一根 C25 钢筋,倾角为 10°,长度 12~15.0m,从上到下依次施工土钉,待上一道土钉养护 72h 后开挖施工下一道土钉。

2 上海市松江区泗泾镇案例

(1) 基坑事故概况:工程下设地下一层地库,基坑面积约 30000m²,基坑挖深 5.05m。事故发生处围护为重力坝,坝体宽 4.2m,采用 2φ700@1000 双轴水泥土搅拌桩,水泥掺量 13%,长 10.5m,内外排插入 6.0m 长 φ48x3 焊管,其余内插 1.5m 长 B14 钢筋,压顶采用 200 厚 C20 钢砼,内配 A8@200 双向钢筋。此项目前后发生过两次事故,一次是基坑南侧开挖到底后,未及时浇筑垫层及底板,

在经过几天后,某日变形急速增大,最终导致长约 25m 的坝体向坑内局部坍塌;一次为暴雨后,场地北侧道路积水严重,水体倒灌正在开挖的基坑,北侧开挖区域坝体产生较大变形,局部坝体出现渗漏或局部坍塌的现象。



图2 泗泾镇南侧(前)/北侧(后)基坑事故现场图片

(3) 基坑事故技术原因:①搅拌桩施工质量较差,成型效果不好;②开挖长度过长,未按要求分块开挖;③开挖后垫层迟迟不施工;④雨水导致水压力增大,坝体软化。

(4) 基坑事故主要处理措施:南侧加固方案采取卸土加钢板桩的形式,钢板桩为IV小齿口拉森钢板桩,前面一排长度 12.0m,后面再设置两排 12.0~15.0m 长度钢板桩,坝体中间卸土放坡并做好护坡面层,坝体顶再卸 1.5m 深的土方,宽度视现场情况而定;北侧加固方案采取对拉钢板桩的形式,在基坑回填并补全坝体后,坝体前后施工IV小齿口拉森钢板桩,前后排钢板桩长度均为 12.0m,中间再用钢绞线对拉起来,最终形成钢板桩约束住重力坝的整体。

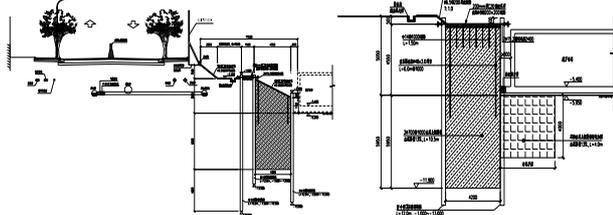


图3 泗泾镇南侧(前)/北侧(后)基坑加固示意图

3 上海浦东新区唐镇案例

(1) 基坑事故概况:工程下设地下一层地库,基坑面积约 38000m²,基坑挖深 5.35m。事故发生处围护为重力坝,坝体宽 4.7m,采用 2φ700@1000 双轴水泥土搅拌桩,水泥掺量 13%,长 12.0m,内外排插入 6.0m 长 φ48x3 焊管,其余内插 1.5m 长 B14 钢筋,压顶采用 200 厚 C20 钢砼,内配 A8@200 双向钢筋。为施工塔吊基础,基坑北侧提前开挖,绑扎好钢筋后,夜里突下暴雨,导致坝体前排桩向外突出约 20 公分,压顶出现横向裂缝,监测数据急剧增大 14 公分,且监测数据暂未稳定。



图4 唐镇基坑事故现场图片

(2) 基坑事故技术原因:①搅拌桩内插材料未插入压顶板,导致坝体整体性较差;②塔吊基础开挖深度比设计开挖深度深;③坝体上方存在大量堆载;④雨水导致水压力增大,坝体软化。

(3) 基坑事故主要处理措施:因为已经绑扎好钢筋,所以最好的加固措施就是在确保安全的前提下赶紧浇筑塔吊基础及底板,随后再安排挖机对坝体进行卸土处理,卸土深度为 2m,卸土宽度为坑边向外 6m,卸土后发现裂缝的地方进行灌浆处理,卸土面重新护坡,减少地表水下渗,对前排有明显脱离的搅拌桩进行扒除,防止给地下室外墙施工埋下安全隐患。

4 上海闵行区古美案例

(1) 基坑事故概况:工程下设地下一层地库,基坑面积约 4600m²,基坑挖深 5.00m。事故发生处围护为重力坝,坝体宽 4.2m,采用 2φ700@1000 双轴水泥土搅拌桩,水泥掺量 13%,长 11.0m,内外排插入 6.0m 长 φ48x3 焊管,其余内插 1.5m 长 C14 钢筋,压顶采用 200 厚 C20 钢砼,内配 A8@200 双向钢筋。基坑开挖到底后,突下大雨,坝体前面两排搅拌桩脱落,坝体前倾,压顶板撕裂,后方出现约 15 公分宽纵向裂缝,后续在开挖过程中也不断发现有局部坍塌的现象。



图5 古美基坑事故现场图片

(2) 基坑事故技术原因:①搅拌桩内插材料未插入压顶板,导致坝体整体性较差;②搅拌桩施工质量较差,成型效果不好;③开挖到底后方才施工压顶板;④未按设计要求进行卸土处理;⑤雨水导致水压力增大,坝体软化;⑥挖机在坝体上方随意碾压。

(3) 基坑事故主要处理措施:由于外侧为空地,局部卸土空间,故加固方案采取卸土加钢板桩的形式,钢板桩为IV小齿口拉森钢板桩,在坝体后方设置,长度 12.0m,坝体内 1:1 放坡,坝体外再 1:1.5 放坡,中间设置平台,卸土完后再重新施工护坡面层。

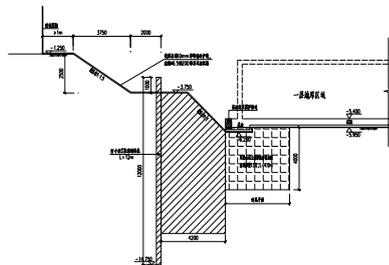


图6 古美基坑加固示意图

5 上海奉贤区 10 单元案例

(1) 基坑事故概况: 工程下设地下一层地库, 基坑面积约 15700m², 基坑挖深 5.40m。事故发生处围护为重力坝, 坝体宽 4.7m, 采用 2 ϕ 700@1000 双轴水泥土搅拌桩, 水泥掺量 13%, 长 12.5m, 外排插入 6.0m 长 ϕ 48 \times 3 焊管, 为控制变形, 在内排插入 13.0m 长 H700 \times 300 \times 13 \times 24 型钢, 间距为 2 米, 其余内插 1.5m 长 C14 钢筋, 压顶采用 200 厚 C20 钢砼, 内配 A8@200 双向钢筋。基坑开挖到底后, 南侧重力坝位置日变量最大 7 公分, 周边围墙发生明显沉降, 坝体后方出现明显拉裂迹象, 由于坝体内插型钢, 故坝体从外形看上还算完整。



图 7 奉贤基坑事故现场图片

(2) 基坑事故技术原因: ①坝体后方存在大量土方堆载; ②在坝体围墙后方存在洗车池, 洗车池遭重车碾压破坏, 水体渗透进入坝体后方, 导致水压力增大, 坝体软化。

(3) 基坑事故主要处理措施: 由于重力坝自身不存在问题, 且坝体完整性较好, 故判断坝体受力是满足要求的, 故主要从事故源来解决问题, 一是对坝体后方的土方按设计图纸要求进行卸载, 二是及时对洗车池进行防渗水处理, 待处理好后再恢复使用, 同时加快钢筋板扎及底板浇筑的工作, 早日形成换撑。

6 重力坝的破坏形式

陈翀^[1]、刘国斌^[2]等总结了水泥土重力式围护墙的破坏形式主要有以下几种:

(1) 倾覆破坏: 主要表现为坝体前倾, 坝体后方出现纵向裂缝, 地面沉降过大, 一般由于墙体后侧发生挤土施工、基坑边堆载、重型施工机械作用或墙体抗倾覆稳定性不够造成;

(2) 基底隆起破坏: 主要表现为坝体基底土体隆起, 一般由于墙底土体软弱, 抗剪强度不够的原因造成;

(3) 整体移动破坏: 主要表现为坝体变形过大或整体移动, 甚至引起工程桩倾斜、偏位等, 一般由于被动区土体强度较低、设计抗滑稳定性不够的原因造成;

(4) 坝体抗剪、抗压等破坏: 主要表现为坝体出现横向裂缝, 坝体出现局部坍塌, 一般由于坝体抗压、抗剪或抗拉强度不够, 或者施工质量达不到设计要求导致。

根据上述案例及工程实践发现现场主要以倾覆破坏或坝体抗剪、抗压等破坏为主。

7 重力坝事故的原因分析

(1) 导致基坑事故的原因可归纳为技术和管理两个

层面^[3], 上述案例主要讲述了技术层面原因, 技术层面主要原因归纳总结如下:

①搅拌桩内插刚性体, 未插入压顶板或未施工, 这导致靠搭接搅拌桩形成的坝体整体约束性不强;

②搅拌桩未达到设计强度, 有的是养护时间不够, 更多的是水泥掺量不够, 导致根本无法达到设计强度;

③坝体施工偷工减料, 导致坝体深度或者宽度不足;

④支护分包队伍施工质量参差不齐, 成桩质量堪忧;

⑤基坑开挖未按设计要求分区、分块开挖, 长边效应过长, 导致坝体超出变形极限向坑内坍塌;

⑥开挖到底后, 迟迟不浇筑垫层及底板, 长时间暴露导致变形持续增大, 最后酿成事故;

⑦未按设计要求控制周边荷载或卸土, 导致坝体无法承受侧向压力;

⑧基坑开挖深度与图纸不符, 存在超挖行为;

⑨压顶板未施工就开挖, 压顶板的存在除有利于坝体的整体性外, 也为了防止雨水渗入坝体中部格栅土体中, 进而导致坝体胀裂^[4];

⑩坝顶行车, 导致坝体受到冲击荷载并反复碾压;

⑪坝体外侧水管破裂、排水沟存在渗漏等情况, 导致侧方水压力增大。

(2) 除了技术层面的原因, 管理方面的因素同样重要, 总结主要原因如下:

①意识上不重视, 往往关注深大基坑, 忽视了较浅的基坑, 围护施工及监测超低价中标后发包出去, 对于安全意识的淡漠, 往往是导致事故发生的原因^[5];

②信息化施工存在不足, 未及时与监测单位取得联系, 致使开挖出现险情后才通知监测人员到场布置测点^[6];

③基坑开挖无施工组织设计或未按施工组织设计执行, 造成现场违章指挥, 违章作业;

④对意外情况处理不当, 当发现险情后, 不及时报告, 继续以侥幸心理施工;

⑤管理及技术人员缺乏专业常识, 对于一些常规的工艺, 错误施工。

8 重力坝事故的处理、防范措施

(1) 重力坝事故发生后, 处理措施可以从如下几个方面入手:

①检查事故周边荷载情况, 是否有堆土堆载的情况, 拉好警戒线禁止人员及车辆靠近;

②坝体外出现裂缝的区域, 应及时用水泥砂浆封闭, 减少地表水下渗; 坝体外侧加强地表水排除工作, 封闭坡面, 并设置排水沟, 保证排水系统通畅; 坝体出现渗漏区域可设置导流管, 减少水压力;

③结合现场实际情况采取措施, 如案例当中提到的卸土放坡、土钉墙、钢板桩或多种形式组合的方案, 建议有空间可优先考虑经济有效的卸土放坡方案;

④在设置围檩的情况下,坑内增设支撑,控制变形持续增大,若监测速率稳定的情况下,也可采取坑内增设配筋垫层,或加快垫层及底板施工的方法处理;

⑤分区段开挖或采取退挖的形式,减少基坑变形;

⑥在周边环境允许的情况下,也可考虑坑外降水;

⑦加强监测频率,若监测数据出现突变或日变量持续报警等不收敛的情况,及时通知各方处理;

⑧编制应急预案,派专人现场巡视,并配备应急人员、物资、机械,以备不时之需。

(2) 防范重力坝基坑事故可从如下几个方面入手:

①首要是对成桩质量的把控,严格按图施工,确保有足够的水泥用量;

②贯彻执行基坑分区开挖,控制长边效应,在上一个分区底板完成后再施工下一个分区;

③在有条件的情况下,坝体内部可适当插入一些刚性材料,实践证明,插入刚性材料的重力坝在稳定性及强度方面都有大步提升;

④施工应忠于设计,严格按照设计要求施工;

⑤严格控制施工荷载,基坑周边钢筋、土方、砖块等重物不得集中堆放,不得在坝体上方行走重物;

⑥落实逐级、逐项的安全和技术交底制度;

⑦加强施工监管,基坑开挖过程中必须有技术人员现场指挥和监理方的监管。

9 结论

相对于深大基坑,浅基坑更容易出现问题,大量的重力坝事故留给我们深刻的教训,通过上述介绍,主要结论与建议如下:

①重力坝事故的发生,可从技术和管理两个层面上找到相应的原因。

②遇到重力坝项目,应提前做好防范措施,尽量排除各种安全隐患。

③遇到重力坝事故,可视情况采取限载、加固、监测等处理措施,确保基坑、周边环境及人员的安全。

④大量实践证明,重力坝事故破坏形式主要为倾覆破坏或坝体强度不足产生的破坏。

[参考文献]

[1]陈翀.软土地区某基坑失稳事故分析[J].地下空间与工程学报,2010,6(1):1456-1460.

[2]刘国斌,王卫东.基坑工程手册[M].第2版.北京:中国建筑工业出版社,2009.

[3]冯柳,彭光俊,佘雨林.基坑坍塌事故分析[J].建筑安全,2005(02):11-13.

[4]李冬来.重力坝在上海地区浅大基坑工程中的应用[J].2014全国工程勘察学术大会论文集.工程勘察,2014(1):542-545.

[5]王艳.上海地区浅大基坑的事故原因及对策[J].地下空间与工程学报,2011,7(03):599-603.

[6]张红喜,胡爱勇,唐科学,等.某基坑围护变形过大事原因分析及应急抢险处理[J].施工技术,2020,49(19):40-43.

作者简介:晏辛(1996.2-),男,毕业院校:上海应用技术大学;所学专业:结构工程;职务:三级项目经理;目前职称:助理工程师;工作单位:上海勘察设计研究院(集团)有限公司。