

# 基坑工程中放坡开挖失稳的因素分析

孙立宝

(浙江有色建设工程有限公司天津分公司,天津 300092)

**摘要:**基坑工程施工中,在允许的情况下放坡开挖是首选方案。放坡开挖相对简单,造价经济。但随着应用增多,也出现过垮塌的情况。结合几起失稳的案例,对基坑放坡开挖中可能引起失稳的因素进行了分析,并提出相应的预防措施。

**关键词:**基坑工程;放坡开挖;失稳;预防措施

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)01-0078-04

**Analysis on the Instability Factors of Excavation without any Protection in Foundation Pit Engineering/SUN Li-bao**  
(Zhejiang Nonferrous Construction Engineering Co., Ltd., Tianjin Branch, Tianjin 300092, China)

**Abstract:** In the construction of foundation pit engineering, because of the simple operation and low cost, excavation without any protection is preferred if conditions permit. But with the increasing application, the collapse also appeared. Combined with several failure cases of excavation instability, analysis is made on the factors which may cause instability in excavation without any protection with corresponding preventive measures put forward.

**Key words:** foundation pit engineering; excavation without any protection; instability; preventive measure

## 0 引言

随着城市建设的快速发展,地下工程越来越多,新建住宅项目几乎都有地下车库。在一些空间相对开阔的场地,放坡开挖无疑是首选方案。放坡开挖设计相对简单,施工也比较容易。但近几年也不断地出现失稳、塌方、漏水的情况,有的甚至对周边的建筑物和地下管线造成危害。笔者所参与的工程项目中曾出现过几起放坡开挖失稳的情况,有的甚至造成了较大的经济损失,在这里对几起案例加以分析,找出相应的不利因素,为今后的设计施工提供借鉴。

## 1 放坡开挖的适用范围

放坡开挖严格来说应称之为“原状土放坡开挖”,是基坑工程中常用的施工方案。在基坑施工中,通过选择并确定合理的基坑边坡坡度,使基坑开挖后的土体在无加固及无支撑的情况下,依靠土体自身的强度,在新的平衡状态下取得稳定的边坡,为建造基础或地下室提供安全可靠的作业空间,同时,又能确保基坑周边的工程环境不受影响或满足预定的环境要求,这类无支护措施下的基坑开挖方法通常称作“放坡开挖”。

放坡开挖适用于场地开阔,周边无高大建筑物、地下管线相对较远,地质条件不是淤泥和回填土,对

位移变形要求不严格的工程项目。可根据开挖深度采取一次、二次、三次放坡。放坡开挖工期短,造价相对低,但土方回填量也较大。在地下水位以下开挖还须采取降水措施,在水量丰富的地区还要设置止水帷幕,如在雨季施工还需采取坡面防护措施。

## 2 放坡开挖的设计计算

放坡开挖的基坑也需要进行设计和计算。在设计阶段应对基坑的开挖深度、放坡次数、坡度系数、护坡措施、降排水方案、开挖步骤及顺序等进行明确。

### 2.1 稳定性计算

基坑放坡开挖,一般应对边坡作稳定性验算。大多采用极限平衡法来计算边坡的抗滑安全系数。即在斜坡的断面图中绘一滑动面。算出作用在该滑动面上的剪应力。并以此剪应力与滑动面上抗剪强度相比较,确定抗滑安全系数,据此设计放坡次数和坡度系数,目前常用的基坑软件都能进行该项计算。

### 2.2 坡面防护措施

要维护已开挖基坑边坡的稳定,必须使边坡土体内潜在滑动面上的抗滑力始终保持大于该滑动面上的滑动力。在设计施工中除了要有良好的降排水措施,有效控制产生边坡滑动力的外部荷载外,尚应考虑到在施工期间边坡受到气候季节变化和降雨、

收稿日期:2013-09-11

作者简介:孙立宝(1970-),男(汉族),黑龙江绥化人,浙江有色建设工程有限公司天津分公司高级工程师,岩土工程专业,从事岩土工程勘察、设计与施工管理工作,天津市红桥区三条石大街尚都家园1-1202,suntj66@sohu.com。

渗水、冲刷等作用使边坡土质变松,土内含水量增加,自重加大导致边坡土体抗剪强度的降低,从而增加了土体内的剪应力所造成的边坡局部滑塌或产生不利于边坡稳定的因素,因此在放坡设计施工中还须采取适当的构造措施对坡面加以防护。根据工程特性、施工周期、边坡条件及施工环境等要求,常用的坡面防护方法有塑料薄膜覆盖、水泥砂浆抹面、砂(土)包叠置、挂网喷射混凝土等。

### 2.3 基坑降排水

放坡开挖的基坑,如开挖面在水位以下,要做好降排水设计,确保水位降至开挖面以下 $0.5 \sim 1 \text{ m}$ 。可采用井点降水或大口井明排的方案,辅以盲沟,形成降排水网络,对于水位较高的地区还须采取截水措施,多用水泥搅拌桩止水帷幕。止水帷幕宜设在坡面以外,且上口应高于静止水位 $0.5 \text{ m}$ 以上。除了设置止水和降排水措施外,沿基坑四周地面还须设置截水沟,以防止地表水流入基坑冲刷边坡造成塌方或泡槽。

## 3 造成放坡开挖失稳的几个因素

放坡开挖的基坑,一般安全等级低,有的出现问题后,经过简单的加固后仍可继续使用。但在高水位地区,需要封闭降水,一旦边坡失稳,将对止水措施造成伤害。尤其是在市区范围内,建筑物密集,很多老旧房屋是天然地基浅基础,因止水措施失效,造成坑外地下水下泻,对周围的建筑物或地下管线产生危害。对于放坡开挖,影响基坑稳定的因素主要有以下几方面。

### 3.1 放坡坡度系数不够

东丽区某住宅小区,总共有10栋住宅楼,均有一层地下室,局部为地下2层,因场地相对开阔,地下负一层基坑采用放坡开挖。负二层局部二次放坡,局部钻孔灌注桩支护。负一层基坑开挖深度为 $5.40 \text{ m}$ ,放坡坡度系数为 $1.0$ ,坡外侧设有一道封闭的止水帷幕水泥搅拌桩。

基坑北侧有一排高压电线杆和3台变压器,高压线杆距基坑边最近处约 $1 \text{ m}$ ,高压线杆周围要搭设防护网架占用了一部分放坡空间,土方开挖单位在没有征得设计和监理同意的情况下,私自降低坡度系数,按 $0.8$ 的系数放坡。开挖后的第3天,坡顶外侧 $2 \text{ m}$ 范围内地面出现裂缝,在2天内裂缝不断加大,并出现地面下沉,下沉量约 $0.3 \text{ m}$ ,在第5天的夜里出现塌方。随着坡面垮塌,外侧的止水搅拌桩也内倾开裂,造成大量泥砂流入槽内。基坑被迫停止开挖,后在搅

拌桩内侧打一排钢板桩进行加固,在坑外打井进行降水减压,基坑才得以继续施工,由此产生了几十万元的经济损失。基坑垮塌情况见图1。



图1 开挖因坡度系数小发生垮塌的情况

### 3.2 护坡措施不及时

上述工程的西侧为最先开挖部位,因施工单位事先没有做好开挖方案,造成开挖后7天仍然没有进行坡面防护,使边坡处于裸露状态。原本设计的是 $\text{O}6@250$ 钢筋挂网 $50$ 厚C20混凝土护坡,施工单位想开挖出一定工作面后再集中做护坡,可在开挖后的第7天,下大雨造成部分坡面溜坡(图2),引起基坑变形过大。雨水使坡面土体吸水自重加大,内聚力和摩擦角发生改变,直接影响到边坡的稳定。



图2 护坡措施不及时而发生的溜坡

后在监理的干预下,施工单位立即采取了护坡措施,打了一排钢板桩进行加固。

### 3.3 坑内降排水不到位

某放坡开挖基坑局部存有大量积水,原因是降水井降水效果不好,同时降水周期短,造成水位尚未降到槽底以下 $0.5 \text{ m}$ 处。因赶工期,施工单位就一边降水一边开挖。土方开挖过程中,对降水井保护不到位,致使2口降水井被泥土淤死,无法正常降水,施工单位也没有采取其它降排水措施,造成槽内局部泡水。坡面土体浸水后内聚力会大大降低,直接影响到边坡的稳定。

为此要求施工单位在降水不到位的情况下,不能继续开挖。对坑底局部排水不畅的位置,采用明

排法进行排水,尽快将水位降下去。但施工单位对此没有重视,2天后该工程出现局部垮塌(图3),垮塌的土体又将一口降水井掩埋。



图3 降水不到位而引起的溜坡

### 3.4 止水帷幕渗漏水

放坡开挖的基坑一旦止水帷幕搭接不严产生渗漏,将直接对边坡造成危害。一方面坡面土体浸水内力发生改变,另一方面地下水本身有水力冲击,如堵漏不及时会导致坡面坍塌。某基坑工程,止水帷幕搅拌桩机因故障需移开维修,待修好后回原位继续施工,因交接不清,中间漏打一组桩,基坑开挖后发现坡面向外冒水,几个小时后垮塌(图4),破坏面加大,基坑被迫回填。重新封堵后再开挖,但已无法放坡,只好砌砖墙围挡。



图4 止水帷幕渗漏水引发的坍塌

### 3.5 坡面土体被破坏

河东区一基坑工程也采用放坡开挖,止水帷幕搅拌桩在秋季施工。总包单位在坡面开挖塔吊基础,埋深约5.0 m,宽度4.0 m。因塔吊基础是在冬季施工,土体冻结,而且开挖范围也较小,所以当时未发生垮塌。第二年春天,基坑大面积开挖,该部位失去了两侧的土体支撑,同时冻土融化,造成塔吊附近的边坡垮塌(图5),致使外侧的止水帷幕搅拌桩发生渗漏水,周围地面下沉,对附近的活动办公房和临时路面产生破坏。

另一放坡开挖施工现场,桩基施工单位开挖泥浆池,完工后没有对泥浆池进行加固处理,只是将泥



图5 坡面土体被破坏而发生的坍塌

浆抽走,也没有清淤就用土回填,场地平整后撤场。基坑开挖后因原泥浆池刚好位于坡面,在开挖后的第2天发生垮塌,新近回填土全部溜了下来(图6)。这也为桩基施工单位提出了警示,在开挖泥浆池时要选择合适的位置,避开放坡开挖的部位。



图6 坡面土体为新近回填土而发生的坍塌

### 3.6 坑底排水沟设置不合理

很多放坡开挖的基坑,施工单位会在坡底设置一道排水沟,有的设明沟,有的设盲沟。殊不知,由于坑底排水沟设置在坡底边缘,造成基坑的开挖深度加大,坡度系数降低。如必须要在坑内设置排水沟,可设盲沟,盲沟最好离开坡底一段距离,并且要随挖随填碎石。

某基坑工程放坡开挖,因施工单位事先没计划好,思想上也没有重视,造成坡底排水沟挖完2天后仍没有回填碎石。盲沟开挖总长度约120 m,深0.4 m,第2天坡顶发生了20 mm位移,2天后发生将近40 mm位移,可见在坡底挖沟的危害是不能小视的。

### 3.7 基坑周边严重超载

放坡开挖的基坑对于坡顶超载应严格限制,多数施工单位不够重视。某基坑放坡开挖后,施工单位没有采取任何防护措施,就在坡顶附近地面堆放大量钢筋,2天后地面出现裂缝并开始下沉,坡顶向坑内发生了位移,正好赶上下雨,造成部分坡面溜坡。另一基坑放坡开挖前,施工单位在坡顶上方修有一条混凝土浇筑的宽约4 m的施工道路,并经常有运土车和混

凝土罐车通行。开挖后5天,整个施工便道向坑内移位约50 mm,并造成施工道路开裂发生险情,后经加固才勉强继续使用,但限制重车通行。

#### 4 预防基坑放坡开挖失稳的措施

为了避免基坑放坡开挖出现上述失稳的情况,笔者认为须有针对性地采取以下预防措施。

##### 4.1 思想上高度重视

放坡开挖的基坑安全等级相对较低,施工单位多数不够重视,监理单位甚至放任不管。土方施工单位经常随意变更开挖方案,不严格按照设计的坡度系数、护坡措施、开挖顺序及步骤开挖。有些单位甚至觉得塌了以后重新挖下即可,往往忽略因坍塌而漏水所产生的严重后果,最终造成不可挽回的经济损失。对于施工环节,经常是从经济角度来考虑,能快则快,能省则省。上述工程中,施工单位对护坡措施重视不足,导致下雨溜坡而破坏止水帷幕。对于放坡开挖的基坑,相关单位应高度重视,履行各自的职责,严格按照设计要求施工。

##### 4.2 加强设计交底

放坡开挖的基坑,因施工相对简单,设计单位和监理单位不太注重技术交底,有些施工单位又缺乏施工经验,对开挖的一些技术数据掌握不严,按照自己的理解来施工。对施工中可能出现的险情缺乏预见性,施工准备不足,当出现一些状况后往往措手不及,尤其是在雨季施工。对于放坡开挖的基坑,不但要有设计交底,还应有详细的开挖方案,对深基坑还要经过专家认证才能实施。

##### 4.3 做好基坑监测

前述的基坑工程,因是放坡开挖,业主没有委托基坑监测,在坍塌之前施工单位也没做监测。实际上因坡度系数不够,在开挖初期坡顶就不断地发生移位,只是没有监测数据未能发现,当地面出现裂缝和下沉后,才引起有关人员的注意,很快就发生了坍塌。如果在开挖期间就一直进行基坑监测,及时发现基坑存在的隐患,提早采取加固措施,止水帷幕不至于被破坏,更不会造成如此大的经济损失。该项目在基坑坍塌后,业主意识到问题的严重性,立即委托了有资质的第三方进行基坑监测。

##### 4.4 防护措施及时跟上

坡面防护措施主要是为了防止降雨、渗水、地表水顺坡流入槽内等情况下边坡土体含水量增加自重加大而发生溜坡。在雨季进行开挖基坑,护坡措施一

定要及时跟上,不能使边坡处于裸露状态。雨水是基坑失稳的主要危险因素,下雨不仅会使坡面土体吸水,而且本身雨水有冲刷力,会使坡面受到双重伤害。

##### 4.5 加强基坑内降排水

基坑降排水不到位,会使坡底的土体浸水,由于水的润滑作用,会在坡底形成一个薄弱带,相当于坡脚处在一个滑动面上,很容易发生坍塌。另一方面坡底的土体浸水后,会使用土体的内聚力和内摩擦角发生改变,降低土体的抗剪强度,使坡体平衡状态打破。所以说“水降的好不好”直接影响到基坑的稳定。

##### 4.6 注意施工季节的影响

同一个基坑,在不同的季节施工可能会产生不同的后果。要注意枯水期、丰水期的影响,雨季和秋冬季所产生的变化。如果有可能的话,尽量安排在秋冬季进行基坑开挖。

##### 4.7 做好应急预案

前述工程,由于施工单位重视不够,对可能出现的险情预见不足,没有形成一套有效的应急抢险措施。当基坑出现险情后,只是等待设计单位来查看现场后出具处理意见。施工现场的抢险物资更是匮乏,基本上就没有。在出现坍塌后,施工单位才准备了一些砂袋、方木、塑料布,后又调来一台注浆机和大功率水泵,同时安排专人对基坑进行24 h巡查。

## 5 结语

实践证明,在场地条件允许的情况下,放坡开挖仍然是最经济、最简单的基坑施工方案。虽然出过一些失稳的情况,但只要相关单位高度重视、严格按照设计要求施工、做好应急预案,基坑的安全还是有保证的。

本文仅是结合一些工程实例,对影响基坑稳定的因素进行分析总结,为今后类似工程的设计施工提供一些借鉴和参考,避免再出现同样的失误。

## 参考文献:

- [1] 高水琴. 放坡开挖基坑的施工技术[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(3): 818-821.
- [2] 颀建中. 基坑放坡开挖施工及其事故处理研究[J]. 中华民居, 2011, 10(5): 191-193.
- [3] 李万玉, 吴立. 基坑放坡安全开挖的设计与施工[J]. 安全与环境工程, 2004, 11(4): 80-82.
- [4] 陈勇, 徐毅, 王志. 基坑土方开挖与支护技术实例介绍[J]. 建筑技术, 2005, 36(3): 214.
- [5] 杨南方. 建筑工程施工技术措施[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.