

海口某基坑边坡垮塌事故分析及处理措施

江建红, 崔江余

(北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044)

摘要: 土钉墙因其造价低、施工方便等特点在基坑支护工程中得到了广泛的应用, 并且创造了极大的经济效益, 设计和施工经验也越来越多。但是, 盲目使用土钉墙会给基坑工程带来安全隐患。通过海口某基坑边坡垮塌事故, 分析了基坑事故发生的原因, 并给出了处理措施及建议。

关键词: 基坑; 土钉墙; 边坡垮塌; 事故分析; 处理措施

中图分类号: TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)05-0045-04

Analysis and the Treatment Measures on Side-slope Collapse Accident of a Foundation Pit in Haikou/JIANG Jian-hong, CUI Jiang-yu (Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Because of the lower cost and easier construction operation, soil-nailing wall has been widely used for foundation retaining and protection project, which brought great economic profits accompanied with more and more designing and construction experience. But the blind application of soil-nailing wall may bring safety-hidden danger to foundation pit engineering. By the case of foundation pit side-slope collapsing accident in Haikou, the analysis on the accident cause was made with treatment measures put forward. Some suggestions for the design and construction were presented to avoid the similar accidents of foundation pit engineering.

Key words: foundation pit; soil-nailing wall; side-slope collapsing; accident analysis; treatment measures

土钉墙是由土钉、钢筋混凝土面层、被加固的原位土体及必要的防排水系统构成的挡土结构。因其施工设备简单方便、施工工期短、工程造价低等特点, 在国内外基坑支护中得到了广泛的应用。根据收集到的资料和现场实际调查, 土钉墙在海口地区深度为7 m以内的基坑支护工程中应用很普遍。但是, 基坑工程是一项风险性工程, 盲目地采用土钉墙支护技术却会对基坑工程留下安全隐患, 由于设计不合理, 或施工不当, 或自然灾害等原因, 容易造成基坑坍塌等事故。本文对海口某基坑事故进行了分析, 以对类似工程的设计和施工提供参考。

1 事故现场的基本情况

1.1 工程概况

本基坑位于海口新城中心地段, 自然地坪标高为-0.3 m, 坑底标高为-7.77 m, 坡底设30 cm深排水沟, 开挖总深度为7.77 m。基坑周围场地较为开阔, 周围40 m范围内没有建(构)筑物。根据钻探揭露以及勘察报告, 场地地层岩土工程条件和设计所需参数相关指标值见表1。

表1 土层基本物理力学参数

土名	层厚 /m	重度 /(kN·m ⁻³)	粘聚力 c/kPa	内摩 擦角 φ/(°)	锚固体与土 层的侧摩阻 力/kPa
杂填土	0.90~2.60	19	10	10	10
粗砂	0.90~2.60	20.9	10.1	36.7	40
粘土	0.90~9.40	17.3	29.2	4	40
粗砂	3.70~17.80	21.3	7.5	41.2	120
粉砂	1.30~21.80	20.8	9.7	40	70
粉粘	>10	19.1	51.4	15.4	80

1.2 基坑坍塌概况

事故基坑已经开挖深度为6 m, 大部分基础桩已经做完。在基坑向下开挖过程中, 基坑西侧及南侧坡顶路面已经出现了裂缝, 但是未引起施工单位注意, 由于下雨, 雨水不断通过裂缝往坡体里渗, 再加上挖机不时在坡顶路面上行走, 最后导致基坑南坡大面积坍塌。

2 事故原因分析

事故发生后, 经过初步分析判断, 认为造成坍塌的主要原因是:

(1) 施工单位在土钉墙施工过程中土钉注浆孔

收稿日期: 2010-12-06; 修回日期: 2011-03-28

作者简介: 江建红(1986-), 男(汉族), 云南人, 北京交通大学硕士研究生在读, 岩土工程专业, 研究方向为基坑工程, 北京交通大学学苑公寓8号楼602室, bjjdjh@sina.com; 崔江余(1962-), 男(汉族), 山西人, 北京交通大学副教授、硕士研究生导师, 土木工程专业, 博士后, 从事隧道与岩土工程及建筑物改造与病害处理的教学和科研工作, cuijiangyu@263.net。

注浆不饱满,大多数土钉抗拔力很小;

(2)10月份海南遭遇50年不遇的暴雨,降水量较大,排水不畅,基坑四周遍布水塘,尤其西北及西南两侧,形成水头及水的渗流压力,局部土中形成渗流通道,不断冲刷,使基坑处于不稳定状态而塌陷;

(3)土质状况不稳定,整个基坑上部回填土为1.5m,基坑中部及西北部原为鱼塘,鱼塘处为淤泥,部分土体为淤泥质土,水的冲刷、浸泡、水力压力使土质较差的部分土体进入流动状态,产生裂缝、滑移。

通过对此次基坑事故进行的全面分析,笔者认为事故原因可以归结为设计及施工2个方面。

2.1 设计方面

原基坑采用土钉墙支护方案,在基坑深度范围内采用4道土钉,土钉支护参数如图1及表2所示。

原支护设计方案存在以下问题。

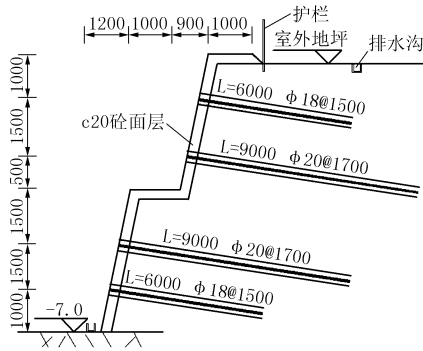


图1 原支护设计方案剖面图

表2 土钉支护参数

土钉道号	水平间距 /m	倾角 /(°)	超挖深度 /m	钻孔直径 /mm	长度 /m	配筋 /mm
1	1.5	10	0.5	110	6.0	Ø18
2	1.7	10	0.5	110	9.0	Ø20
3	1.7	10	0.5	110	9.0	Ø20
4	1.5	10	0.5	110	6.0	Ø18

2.1.1 设计方案选择不恰当

根据文献[1]的规定,土钉墙适用于地下水位以上或经人工降水后的人工填土、粘性土和弱胶结砂土的基坑支护或边坡加固,宜用于深度不大于12m的基坑支护,不宜用于含水丰富的粉细砂层、砂砾卵石和淤泥质土,不得用于没有自稳能力的淤泥和饱和软弱土层。本基坑地下水位埋深较浅,地下1.8m处就有地下水,而且施工期间恰逢雨季,再加上场地中有一层处于软塑~流塑状态的粘土层,原设计方案采用单独的土钉支护很显然是不恰当的,是存在风险的。

2.1.2 土层计算参数选取有误

原基坑支护方案计算书对第三层粘土采用的摩

擦角值为10°,而根据勘察报告,第三层粘土的摩擦角建议取值只有4°,而且原基坑支护方案的基坑开挖深度为7m,比实际开挖深度浅了近1m。通过对原设计方案进行验算发现,当开挖深度为7m时,采用勘察报告建议的参数,坡体的稳定性安全系数为1.10 < 1.30,不满足规范要求,计算结果如图2所示。而考虑开挖深度变为7.77m时,验算坡体的稳定性安全系数只有0.89 < 1.30,不满足规范要求,计算结果如图3所示。

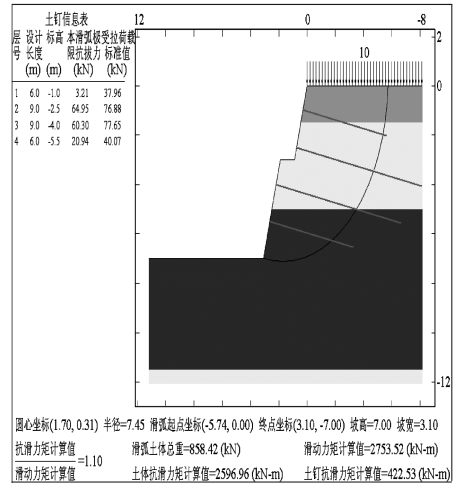


图2 实际参数取值验算结果

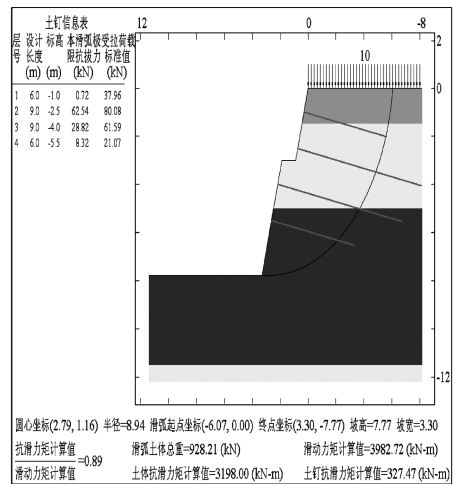


图3 考虑实际开挖深度验算结果

2.1.3 未重视地下水的作用

场地中存在一层淤泥质的粘土层,由于地下水的作用,这层土的内摩擦角φ和粘聚力c远达不到原基坑设计方案的要求,考虑地下水作用,将粘土层的c折减到20kPa,φ折减为3°,侧摩阻力折减为20kPa,基坑深度按7m考虑,验算表明坡体稳定性安全系数只有1.02 < 1.30,不满足规范要求。计算结果如图4所示。

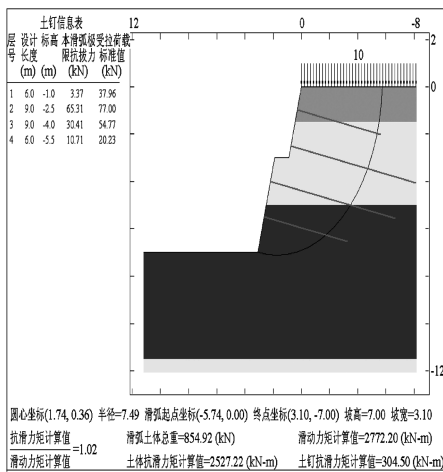


图 4 考虑参数折减计算结果

2.2 施工方面

2.2.1 土钉注浆问题

经现场检查,第二道土钉绝大多数存在注浆不饱满的问题,而检查坍塌段实际拔出的第三道土钉,发现很多土钉无注浆痕迹,这就导致土钉与土体不能很好的粘结,土钉的抗拔承载能力很差,这也是导致基坑边坡失稳的一个很重要的原因。

2.2.2 排水系统失效

本基坑地下水位较高,地下水含量大,原设计方案对基坑进行了坑外降水。采用管井降水方案,成井井径 600 mm,下入井管(滤水管)内径 350 mm,外径 400 mm,井间距 10 m,井深为 12 ~ 15 m。但是,笔者了解到,在降水井施工过程中采用了旋挖钻机进行成孔,最终的成井井径达到了 1.0 ~ 1.2 m。而且为了节约砾石,实际填料的时候,填进了很多的泥沙,降水井成井质量较差。另外现场只有 2 个出水口排入市政管道,而且基坑周围的排水沟做得很差,一方面排水沟抹面上有很多裂缝,抽出来的水通过裂缝又渗回了坑里;另一方面,抽出来的水排不出去,长期在基坑周围淤积,并且不断向基坑里渗透。

排水系统的失效,使基坑的地下水位迟迟降不下去,再加上 10 月份海南遭遇了 50 年不遇的暴雨,这就导致了基坑上部土层饱和,饱和度的提高使非饱和土的基质吸力 $s = u_a - u_w$ 明显降低,土体软化,土的强度急剧减弱,土体结构破坏,土与土钉之间的摩阻力也减少,土体自重增加,造成浸水部位土钉墙的垮塌。而且基坑局部土层还形成了渗流通道,砂粒顺着渗流通道不断流失,这也是引发事故的原因之一。

2.3 其他原因

原设计方案要求对基坑顶部水平位移进行监

测,但是,实际施工过程中,施工单位并没有做相应的监测,而且没有派专人定时巡视基坑周围情况,当基坑坡顶路面已经出现可见裂缝之后,也没人上报采取相应的措施。

3 处理措施建议

事故发生后,笔者参与了基坑工程事故的分析与处理方案设计,新的支护方案建议如下。

根据勘察报告及现场实际开挖状况,基坑上部 5 m 范围内土层的工程性质较好,而且基坑周围场地很开阔,具备大放坡开挖条件,因此,对上部 5 m 采用 1: 1 大放坡加土钉墙支护。基坑塌陷段深度在 5 m 位置处开始出现处于流塑状态的淤泥质粘土,基坑 5 m 以下采用桩锚超前支护,考虑到施工工期要求,采用工字钢代替钢筋混凝土灌注桩。同时由于地下水含量较为丰富,采用部分管井加明排的降排水方案降低地下水位。加固方案在设计时考虑地下水的作用对粘土层的参数做了相应的折减,主要把粘土层的粘聚力 c 折减为 20 kPa,内摩擦角 φ 折减为 3° ,摩阻力折减为 20 kPa。

加固方案上部 5 m 范围内坡体稳定性安全系数达到 $1.34 > 1.30$,满足规范要求,计算结果如图 5 所示。下部护坡桩所受最大弯矩为 $145.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$,根据工字钢抗弯承载能力验算,采用 I32b 工字钢, $f_y = 210 \text{ N/mm}^2, w = 726 \text{ cm}^3, M_{\max} = 145.1 \text{ kN} \cdot \text{m}, \sigma = \frac{M_{\max}}{w} = \frac{145.1 \text{ kN} \cdot \text{m}}{726 \text{ cm}^3} = 200 \text{ N/mm}^2 < f_y = 210 \text{ N/mm}^2$,满足要求,护坡桩内力如图 6 所示。基坑下部采用桩锚支护后,坡体安全系数达到了 $2.21 > 1.30$,满足规范要求,计算结果如图 7 所示。

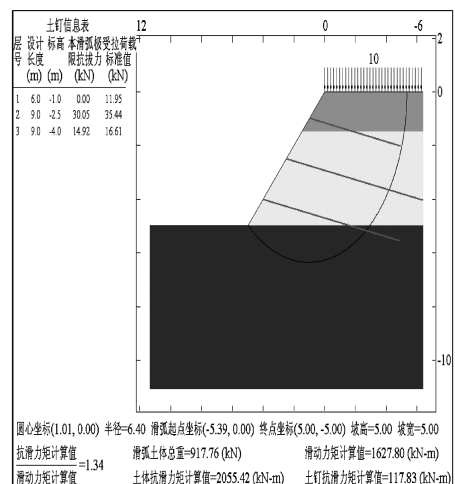


图 5 土钉支护稳定性计算结果

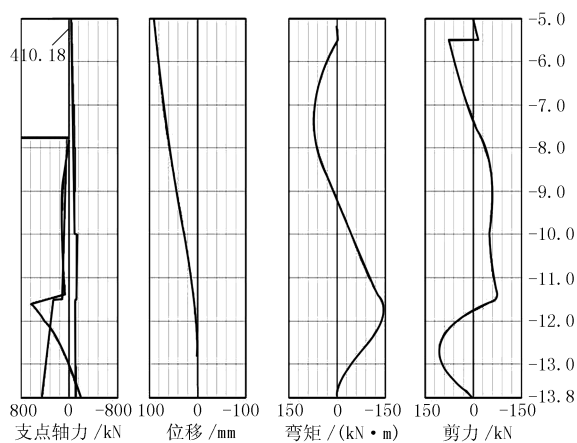


图6 支护桩内力计算结果

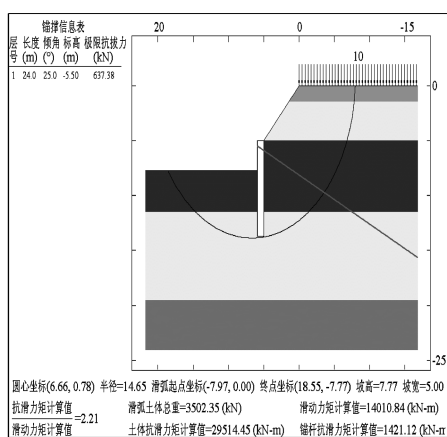


图7 坡体安全系数计算结果

具体加固方案如图8~10所示。

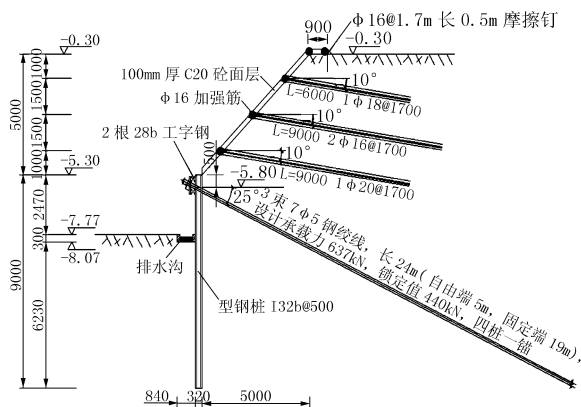


图8 加固方案剖面图

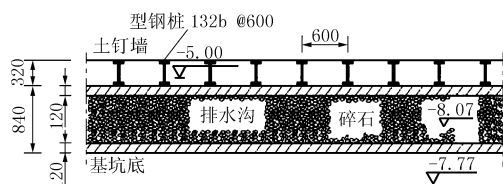


图9 基底型钢桩布置图

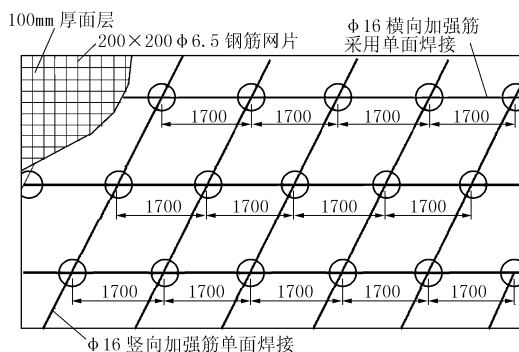


图10 土钉支护立面图

4 结论

随着建筑、地铁建设规模的不断加大,基坑深度和规模也在不断扩大,土钉墙作为一种经济、便捷的基坑支护结构在工程中得到了广泛的应用,创造了很大的经济效益,施工和设计经验也越来越多。但是,随之带来的基坑工程事故也越来越多,通过本工程事故分析,可以得到以下结论和启示:

(1)在基坑支护结构选型的时候,一定要根据勘察报告以安全为第一准则,切不能为了节约成本和缩短工期而盲目采用土钉墙这样的支护方案。

(2)水是土钉墙的灾星,总结事故原因,十有八九是由土中水引起的。一般使用土钉墙支护的基坑或者位于稳定的潜水位以上,或者采用人工降低地下水。在海南这种地下水位较高,地下水含量丰富的地区,能否做好降排水是土钉墙支护成败的关键。

(3)在局部有淤泥质土且地下水含量丰富的地区,单独采用土钉墙支护是不能满足要求的,若选择土钉支护方案,则一定要采用密排搅拌桩或搅拌桩内插H型钢、钢管桩、或微型桩等超前支护。

(4)要提高设计、施工及监测人员的责任意识及专业素养,加大管理力度,确保基坑工程的经济和安全。

参考文献:

- [1] JGJ 120-99, 建筑基坑支护技术规范[S].
- [2] 龚晓南. 深基坑设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 李广信. 岩土工程50讲[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [4] 付文光, 杨志银. 土钉墙技术的新进展及前景展望[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(S1): 17-21.
- [5] 王超, 隆威, 等. 长沙亚商国际大厦边坡垮塌事故分析及治理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(2): 46-49.
- [6] 任国华, 顾建平, 朱治安. 某深基坑边坡塌方事故的分析处理及建议[J]. 南京建筑工程学院学报, 2000, (2): 55-60.
- [7] 孙小杰, 魏焕卫, 杨峻岩. 土钉墙在深基坑中的设计应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(11): 39-41.