

北京市某深基坑工程事故分析与处理

刘存林, 葛克水

(中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083)

摘要:土钉墙支护技术近几年在基坑工程中得到了广泛的应用,但由于设计和施工等各种原因造成的基坑失稳事故时有发生,造成巨大的经济损失。结合工程实例从勘察、设计、施工等诸多方面对基坑事故进行分析,并介绍了相应的处理措施,提出了几点值得重视的经验。

关键词:深基坑;土钉墙;事故分析;处理措施

中图分类号:TU753.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)03-0026-03

Accident Analysis and Treatment to a Deep Foundation Pit in Beijing/LIU Cun-lin, GE Ke-shui (China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Soil nailing wall bracing is widely used in the bracing of foundation pit in recent years, instability of foundation pit often occurs because of some problems in design and construction. The thesis analyses the causes of the instability of foundation pit from reconnaissance, design and construction through a project example and simply introduces the relevant measures. Several remarkable experiences were put forward.

Key words: deep foundation pit; soil nailing wall; accident analysis; measure

土钉墙技术是一项用于基坑支护和边坡支护工程的土体加固技术。与其他支护技术相比,土钉支护技术工艺简单、施工速度快、成本低廉,因此在我国基坑工程中得到了广泛的应用。然而因勘察、设计、施工不当等造成的土钉墙支护事故却屡屡发生,这不仅延误工期,浪费大量的人力、物力和财力,影响周围居民正常生活,有的甚至危及生命安全。

然而,当工程事故发生后,要及时准确地分析事故原因,果断地采取正确的方案措施加以处理,防止二次事故的发生,极力将损失降到最低程度。

1 工程概述

1.1 工程概况

拟建工程位于北京市朝阳区,包括4栋住宅楼和1个地下车库。其中住宅楼部分基坑深度为4.8 m,周长约500 m;地下车库基坑深度为8.6 m,周长约185 m。该工程场地东侧离居民区通道8 m,西侧离公路约5 m,南、北两侧为空地,周围无重要建筑物,具体平面布置如图1所示。场地东侧各种自来水管线和污水管线复杂。本文不涉及住宅楼和地下车库连接部位的支护措施。

1.2 工程地质条件

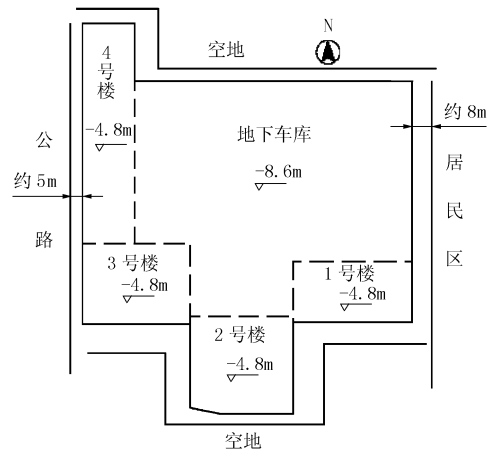


图1 场地平面布置示意图

根据现场勘测,按其成因年代划分为7 大层,各土层的基本岩性特征见表1。

1.3 水文地质条件

场地区域有3个含水层:第一层为上层滞水,水位埋深5.15~7.80 m;第二层为潜水,水位埋深11.56~12.95 m;第三层为承压水,水位埋深13.80~15.02 m。对本工程有影响的地下水位有第一层上层滞水和第二层潜水。

收稿日期:2006-09-25

作者简介:刘存林(1983-),男(汉族),四川泸县人,中国地质大学(北京)在读硕士,地下建筑工程专业,研究方向为地质工程,北京市海淀区学院路29号中国地质大学(北京)S05工程,13810758048,liucunlin1983@sohu.com;葛克水(1963-),男(汉族),北京人,中国地质大学(北京)副教授,爆破工程专业,博士,从事教学及科研工作,(010)82322627、13501248018,xln@yzf.com.cn。

表 1 地层分布及主要特点表

| 层号 | 土层名称 | 厚度 /m | 粘聚力 /kPa | 内摩擦角 /($^{\circ}$) |
|----------------|-----------|---------|----------|----------------------|
| ① | 粉质粘土填土 | 0.6~1.5 | 10 | 15 |
| ② | 粘质粉土 | 2.6~4.0 | 15 | 30 |
| ③ | 砂质粉土、粘质粉土 | 3.8~5.0 | 19 | 30 |
| ④ | 细中砂 | 1.0~1.4 | 0 | 35 |
| ⑤ | 粘质粉土 | 1.4~2.5 | 13 | 34 |
| ⑥ | 圆砾 | 4.6~6.4 | 0 | 38 |
| ⑥ ₁ | 中粗砂 | 4.6~6.4 | 0 | 38 |
| ⑦ | 重粉质粘土 | 6.0~7.0 | 17 | 32 |

2 设计方案

2.1 降水方案

采用自渗井和抽水井按“一抽一渗”布置的降水方案。降水井深 16.0 m, 井径 600 mm, 井间距 8.0 m。全孔下入无砂混凝土滤水管, 井口高出自然地面 0.5 m。滤管外径 400 mm, 内径 300 mm, 管外用粒径 2~4 mm 的干净石屑填至地表。自渗井的作用是将潜水引入下部砂砾石层, 疏干通道, 加快降水速度。

2.2 支护方案

全部采用土钉墙支护。住宅楼基坑土钉墙支护按 1: 0.3 放坡, 设置 3 排土钉。第一排土钉长 3.5 m, 其余 2 排土钉长 2.5 m, 土钉钢筋采用二级螺纹钢筋, 直径为 16 mm。每排土钉设置一道 $\varnothing 16$ mm 横向加强筋。面层设计: 采用 3 mm 钢板网, 喷射 60 mm 厚的 C20 混凝土。具体支护参数如图 2 所示。监测结果表明此支护方案效果很好。

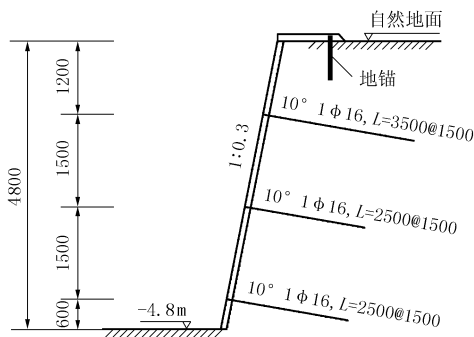


图 2 住宅楼基坑支护剖面图

地下车库基坑土钉墙支护也按 1: 0.3 放坡, 设置 6 排土钉。土钉长度依次为 6.0、7.5、7.0、5.5、5.0、4.5 m; 土钉钢筋采用二级螺纹钢筋, 前 3 排直径为 16 mm, 后 3 排直径为 18 mm。后因地下车库东侧改为施工道路, 将第二排土钉长度改为 9.0 m, 土钉钢筋直径为 18 mm。每排土钉设置一道 $\varnothing 16$ mm 横向加强筋。面层设计: @200 \times 200 的 $\varnothing 6.5$ 钢

筋网, 喷射 80 mm 厚的 C20 混凝土。具体支护参数如图 3 所示。

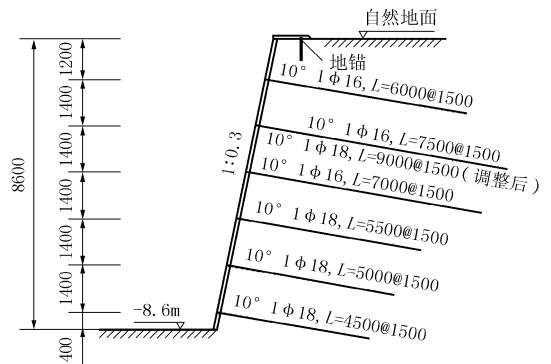


图 3 地下车库基坑支护剖面图

3 事故的发生

地下车库东侧施工前后持续近 1 个月, 坡面长期渗水, 施工过程中施作的大多数排水管水流不止。地下车库东侧施工结束的第二天晚上, 一混凝土车驶过之后发现路面出现明显裂缝。立即停止一切和东侧相关的施工活动, 禁止施工车辆和人员通过。随即采取临时监测措施, 1 h 内基坑位移值增加达 10 mm, 裂缝宽度迅速增大。东侧支护结构在约 3 h 之后坍塌, 由于发现及时, 幸未造成人员伤亡。

支护体整体下滑, 坍塌区长约 60 m (东侧全长 70 m), 最严重的中部区域宽约 7 m (离围墙仅剩 1.0 m), 坍塌情况如图 4 所示。坍塌体快速滑向坑内, 滑行距离最大处达 15.0 m。坍塌区中间部位的上部 5.0 m 滑裂面较陡。前 3 排土钉几乎全部被拔出, 后 3 排土钉几乎被拉断, 面板破损严重。

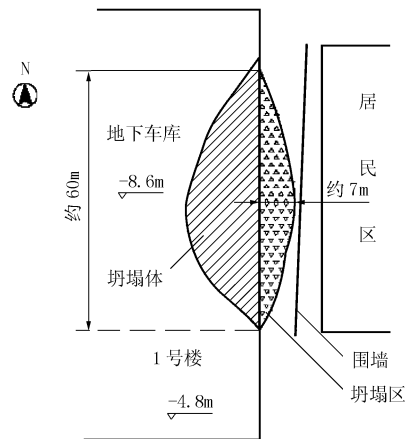


图 4 坍塌情况示意图

从现场情况来看, 滑裂面并不全是新鲜滑裂面, 有的滑裂面应该存在已久, 支护体在受到路面动荷载之后事故将必然地发生。

由于还有大量松散土体持续下落,土体自稳性很差,危及仅1 m之隔的围墙和墙外道路。为了防止二次事故的发生,造成更大的损失,随即采取了应急措施。派专人负责检查围墙安全,迅速封闭居民区道路,立即架设隔离围挡。

4 原因分析

从现场的情况来看应属于支护体整体失稳,是一个由诸多因素导致的一次必然事故。

4.1 勘察不够完善

由于施工前建筑场地内全为民宅,不能对场地进行全面有效的调查,对场地内一些关键部位缺乏准确的调查。其中地下车库东部20余米范围内被遗漏,而恰巧该部位土质松散,土层参数存在较大差异,造成设计值和现场存在悬殊。

4.2 设计方案太注重经济利益

地下车库东侧开挖后发现土质情况和勘察报告不一致,但仅出于经济上的考虑,不调整方案。后决定将地下车库东侧作为施工道路,仍出于经济利益考虑,没有根据实际的荷载情况进行设计计算,粗略的将第二排土钉参数作一些修改。这是不负责任的对设计方案进行象征性的更改,为事故的发生埋下了隐患。

项目领导和设计人员根本不重视“信息化施工”,不关心基坑位移监测结果,使监测工作毫无实用。监测记录表明事故发生前10天即在最后两步土钉墙施工的过程中,位移速率为1.0 mm/天,总位移值迅速攀升到25 mm,地面沉降量大,未见任何停止的迹象。

岩土工程中一直强调“信息化施工”,设计人员应及时根据现场情况对方案做出调整,不仅能提高经济性,更能保证安全。

无论是上述何种原因均有理由变更设计方案,采取加固措施,确保基坑的安全稳定,但施工单位为了获得经济利益,铤而走险,最终酿成了此次事故。

4.3 地下水处理不当

降水井施工质量不符合要求,洗井不干净,造成淤泥堵塞滤料,达不到理想的降水效果。排水措施不力,只是做了一些长约1 m的排水管,不能有效将深部水体排出,造成支护体积水严重,土体长期处于饱和状态,承载力下降。

外来补给水源未处理。地下供水和污水管线复杂,线路不明,年久破损失修,存在严重的渗漏现象。由于管线改造需要巨额费用,最终未能有效的协调

解决。

4.4 施工管理不到位

由于施工队伍的专业素质存在严重问题,大部分为缺少施工经验的年青工人,对于现场突发事件的处理缺乏经验,无法完成管理人员和技术人员的要求,施工管理最终也成为空话,这也是造成事故的一个重要原因。

5 处理方案

根据现场情况和事故原因的分析,应急处理措施具体如下:

(1)联系一批有丰富事故处理经验的施工队伍,保证施工质量。

(2)要保证10余米未坍塌支护体的安全稳定。用小型挖掘机将断面大小为2.0 m×2.0 m的土体挖走,减小坡顶荷载。

(3)坍塌后土体已经具有一定的自稳性,坡度比较缓,土钉墙支护满足要求。具体措施为:沿滑裂面修坡,坡度依滑裂面而定。设置6排土钉,前3排土钉长度为9.0 m,后3排土钉长度为6.0 m。土钉钢筋采用二级螺纹钢筋,直径为20 mm;土钉竖向间距为1.4 m,横向间距为1.5 m。在第三、四排土钉之间施作平台,平台宽度根据现场情况确定。具体支护参数如图5所示。

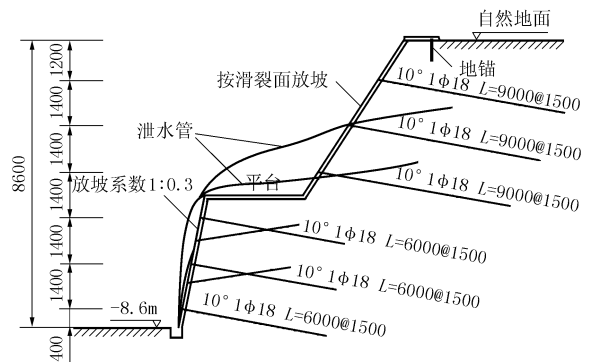


图5 地下车库东侧坍塌处理剖面图

(4)地下车库东侧降水井已经全部破坏,雨季即将到来,而现场已经无法继续施工降水井,因此必须做好排水措施。自-2.5 m开始施工泄水孔,共设置4排,横向间距为1.5 m。在坡脚设排水沟,间隔10.0 m设一个集水井,派专人负责抽水,保证后期施工。同时,各方积极配合处理污水管线,采取有效的截水措施。

后期监测表明该应急处理方案效果良好。

(下转第40页)

内,悬浮在泥浆中的砂砾沉淀接近 80%,此时用钻具贴近桩底进行第一次清孔,孔底沉渣不得大于设计要求,泥浆密度比较稳定,方可进行下一道工序,直至第二次清孔。

3.4 钢筋笼制作、安装

由于使用旋挖钻机施工,成孔速度非常快,钢筋笼制作、安装必须与之相适应,并尽快灌注水下混凝土,否则,不能充分发挥旋挖钻机成孔快的优越性。本工程桩基础钢筋笼直径大($\varnothing 2400$ mm),长度较长(38 m),质量较重(11.3 t)。钢筋笼分 3 段下入,每段长度在 12 ~ 13 m,连接接头每段 64 个。在钢筋笼主筋加工和连接上,选用 CABR 墩粗直螺纹螺母连接,此工艺效率极高,每次下钢筋笼的时间均控制在 2 h 之内,大大缩短了成孔后搁置的时间,有效防止了塌方。

3.5 水下灌注混凝土

下放导管后检查泥浆指标和孔底沉渣厚度,如未能满足设计要求应进行二次清孔(二次清孔采用 $\varnothing 2200$ mm 清孔钻头)直至混凝土灌注前 5 min 结束,如果各项指标达到规范和设计要求,则可直接进行灌注。

水下灌注混凝土的塌落度以 18 ~ 22 cm 为宜,和易性良好。灌注时采用自由塞隔水(即充气球胆),导管下入长度和实际孔深必须严格丈量,使导管底口与孔底的距离能够保持在 30 ~ 50 cm,导管下入孔内必须居中。

大直径桩基础灌注危险性大,尤其是首批混凝土必须保证埋管深度 > 1.4 m,根据公式:

$$V \geq \pi d^2 h_1 / 4 + \pi D^2 H_c / 4$$

计算得: $V_{\min} \geq 3.14 \times 0.3^2 \times 6.25 / 4 + 3.14 \times 2.75^2 \times 1.7 / 4 = 10.53 \text{ m}^3$ 。

根据上式计算结果,配备容量为 5 m^3 的漏斗 1 个,首批混凝土存储量为 5 m^3 (漏斗) + 8 m^3 (混凝土搅拌运输车) = $13 \text{ m}^3 > 10.53 \text{ m}^3$,满足要求。

混凝土连续灌注过程中,经常用测锤测量混凝土的上升高度,并适时提升、逐级拆卸导管,由于方量较大,导管理深不宜过深,一般控制在 1.2 ~ 5 m。

成孔过程中各控制点的检测方法及检测频率见表 3。

表 3 成孔过程控制点检测

| 序号 | 检测项目 | 检测办法 | 检测频率 |
|----|----------|-----------------|-----------|
| 1 | 桩位偏移 | 测量 | 1 次/桩 |
| 2 | 孔深 | 测绳、水准仪测量 | 2 ~ 4 点/桩 |
| 3 | 沉渣厚度 | 清孔后深度 - 停注前深度 | 2 ~ 4 点/桩 |
| 4 | 垂直度 | 仪器测井架、查钻孔记录、探孔器 | 2 次/桩 |
| 5 | 缩径 | 探孔器 | 1 次/桩 |
| 6 | 泥浆密度、稠度 | 密度计、稠度计 | 1 ~ 2 次/桩 |
| 7 | 混凝土强度 | 按设计及规范要求 | |
| 8 | 桩完整性、承载力 | 按设计及规范要求 | |

4 结语

在大直径旋挖钻机钻孔灌注桩施工中,采用优质泥浆护壁防塌、合理控制钻进速度及防止起下钻过程对孔壁的抽吸是钻孔成孔的关键。为保证成桩质量,应进行有效清孔,并将下钢筋笼的时间控制在 2 h 内。在混凝土灌注中,首批混凝土必须保证埋管深度 > 1.4 m,在连续灌注中,适时提升、逐级拆卸导管,控制导管理深 1.2 ~ 5 m。

(上接第 28 页)

6 结语

基坑支护工程大多为临时性工程,但不能忽略它的重要性,一旦发生事故,处理起来十分困难,会带来巨大的经济损失。从本工程事故中,可以得到以下经验:

(1) 要重视“信息化施工”这一现代化施工方法,不仅可以获得良好的经济效益,更能保证支护结构的安全;

(2) 加强施工管理力度,选择专业素质较高的队伍施工;

(3) 加强勘察工作,对于早期场地条件不符合勘察条件的要及时补充勘察;

(4) 相关部门要加大设计方案的专家论证和审查力度;

(5) 各方要以积极的态度去解决施工中遇到的困难,不要只顾眼前利益,因小失大。

参考文献:

- [1] 王曙光. 深基坑支护事故处理经验录[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [2] 张中普,姚笑青. 某深基坑事故分析及技术处理[J]. 施工技术,2005,34(12).
- [3] 黄熙龄院士谈基坑事故[J]. 岩土工程界,2004,7(4).