

长沙亚商国际大厦边坡垮塌事故分析及治理

王超, 隆威, 姚翠霞, 唐志成

(中南大学地学与环境工程学院, 湖南长沙 410083)

摘要: 基坑支护不仅要求确保边坡的稳定, 而且要满足变形控制要求, 保证基坑内正常作业安全以及基坑附近建筑物、道路、管线的正常运行。如今支护方式日臻完善, 但是在实际应用中, 由于多方面的原因, 仍然导致了一系列的边坡垮塌安全事故。以长沙市亚商国际大厦边坡垮塌事故工程为例, 简述了一定情况下对边坡失稳的加固处理措施。

关键词: 基坑; 边坡; 崩塌事故; 注浆加固; 监测

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)02-0046-04

Analysis and the Treatment on Side-slope Collapse Accident of an Edifice in Changsha/WANG Chao, LONG Wei, YAO Cui-xia, TANG Zhi-cheng (Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: With the gradual perfection of supporting pattern, foundation pit support should not only ensure the stability of the slope but also satisfy the demands of control on distortion and ensure the safety of nearby buildings. But in practical application, collapsing accidents often happened due to many different factors. This article takes an example of slope engineering of Yashang international edifice in Changsha and introduces some reinforcing methods on slope instability in some certain condition.

Key words: foundation pit; side-slope; collapsing accident; grouting reinforcement; side-slope monitoring

随着我国城市建设不断扩大对地下空间的开发和利用, 深基坑和边坡支护工程研究已发展成为一门新兴热点课题。在深基坑及边坡支护工程中, 由于设计不合理, 或施工不当, 或自然灾害等原因, 经常发生基坑垮塌、建筑物及路面塌陷或开裂、基底隆起等等工程事故, 直接影响施工进度和工程造价, 甚至危及人们的生命财产安全。经历各种各样的教训, 越来越多的人已认识到, 深基坑和边坡支护工程是一项风险性工程。其自身特点的复杂性也决定了这项工程在设计、施工和检测上必须要做很多的工作, 才能最大限度地避免工程事故的发生。

1 影响建筑边坡稳定的主要因素

自20世纪80年代以来, 基坑与边坡的支护问题一直是我国建筑工程界的热点问题之一。由于建筑场地工程地质条件的不确定性和复杂性, 基坑又越挖越深, 而基坑支护的设计方法还不十分成熟, 施工管理往往不够规范, 因此基坑和边坡工程事故时有发生。分析诸多基坑和边坡工程事故不难发现, 造成这些事故的主要因素如下:

(1) 工程勘察不够细致准确, 勘察资料不详、不

准、疏漏、失误, 勘察结论不完善、不准确, 从而导致设计失误进而造成工程事故。

(2) 设计人员在做工程设计时对工程场地了解不够彻底, 采用不当支护方案, 或者在设计计算中出现失误从而导致设计方案不合理进而导致工程事故的发生。

(3) 在施工过程中, 施工质量、施工工艺、材料质量、施工机械化程度、施工速度和时机、施工管理水平等都是工程事故的直接或间接诱因。

(4) 施工场地的水患、周边环境和不良地质条件等也是造成工程事故的重要原因。

下面以实例介绍对一定条件下边坡失稳的加固处理。

2 工程概况及事故情况

2.1 基本地质条件和周边建筑物概况

拟建的湖南亚商国际工程位于长沙市雨花区韶山南路西侧, 南距湖南女子大学约300 m, 北临长沙市机动车检测站。本工程南侧和西侧均为坡地, 场地进行平整以后, 地坪标高约为64.2 m, 坡地高程约为76.8 m, 将形成较高的边坡, 边坡高度约为

收稿日期: 2008-09-12

作者简介: 王超(1983-), 男(彝族), 云南昆明人, 中南大学在读硕士研究生, 地质工程专业, 从事岩土工程设计与施工方面的学习和研究工作, 湖南省长沙市中南大学校本部地学楼100室, coolwc01@vip.sina.com; 隆威(1962-), 男(汉族), 重庆人, 中南大学地学与环境工程学院副院长、教授, 探矿工程专业, 从事岩土工程设计与超硬材料等方面的教学与研究工作, 湖南省长沙市中南大学校本部地学楼院长办公室。

12.6 m,边坡上均为道路和居民区。由于种种原因,因场地平整形成的边坡已经产生了局部垮塌,严重影响了坡顶道路、居民区和拟建建筑物的安全,因此,西、南两侧边坡安全是至关重要的,必须进行有效支护。该边坡支护为永久性支护,设计使用年限 50 年。

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 岩土工程条件和设计所需参数相关指标值

层号	地层名称	土层厚度 /m	天然密度 $\rho/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	锚固体与土层粘结强度 τ/kPa
①	填土	0.3~4.6	20.0	8	8.0	24
②	砾石土	1.0~8.4	21.0	0	25.0	128
③ ₁	粉质粘土	0.8~8.1	20.7	25	18.0	48
③ ₂	残积粉砂	1.0~11.8	20.0	10	20.0	128
④ ₁	强风化泥质粉砂岩	0.6~21.3	22.0	40	25.0	150

2.2 支护方案简介

设计人员综合各方面因素,并进行计算,最终采用了锚杆网格梁支护方案对整个边坡进行支护。

由于该边坡支护为永久性,其南向下部距离边坡底边线约 2~4 m 将继续开挖,南向边坡紧邻中建五局住宅楼(6 层砖砌条形基础),西向边坡顶为道路,为确保住宅楼及道路安全,设计采用锚索加网格梁支护,锚索及网格梁间距为 2.5 m×2.5 m(竖间距×水平间距),南向和西向均采用 5 排锚索进行支护。

2.3 出现的工程安全事故

亚商国际大厦工程从边坡支护施工开始到边坡支护完毕期间,共发生危及工程安全的险情 2 次。

(1)在整个边坡支护施工时,南向由于紧邻中建五局家属住宅楼,人员来往流动量较大,加剧了地面动荷载,再加上居民区地下管道的少量渗水,使得南向边坡顶部产生宽 10 cm、延伸长达 7 m 的裂缝。

(2)西向坡顶化粪池和下水道由于施工质量和使用近 20 年等原因,本身存在渗漏。在本边坡施工之前下水道根本无水排出,但是在西向边坡上部开挖和支护的过程中,曾大量涌水和涌泥砂,化粪池和下水道中的水几乎全部从坡面渗出,造成坡顶化粪池周边和下水道沿线产生地表开裂,下部掏空而形成空洞,但原地表有草皮覆盖,未及时发现,施工中为了硬化坡顶地面,揭去草皮才发现其裂缝,裂缝长度约 60 m,用钢钎探得塌洞深度约 2 m。随着施工的继续,以西向 ZK50 孔为中心存在一个透镜状的

饱和状态的粉细砂层。边坡开挖至此时产生崩塌,崩塌段长约 20 m。最早只是局部出现崩塌,进而整个西向支护段由于基础梁施工尚未完成,也出现土层松动,有更大面积垮塌的风险。为了防止崩塌继续发展,危及邻近建筑物的长期安全因而必须重新考虑加固方案,避免整个边坡大面积崩塌,减小损失。

3 边坡垮塌事故的原因分析

经过科学的分析,认为以下因素是导致这 2 次边坡安全事故的原因。

(1)在原方案设计中,没有充分考虑地下水对工程的影响。由于临近本工程场地存在居民区的化粪池和下水道,其地坪标高高于本工程场地。由于这些地下管道年久失修,发生渗漏,进而导致大量地下水向本工程边坡的西向灌入,对整个地层条件产生巨大影响,导致土层松动,西向边坡崩塌。

(2)工程勘察不够细致,对场地地层岩土工程条件的测量计算不够准确,导致设计采用的各地层厚度与实际不符。同时未考虑粉砂层较厚且分布不均匀的重要场地地层特点,进而使得设计方案不合理,在有水作用下的粉细砂层采用预应力锚索进行支护,无法到达预期效果。

4 事故处理措施

通过分析查明事故原因,就必须采取合理的方案对边坡进行加固处理。

4.1 第一次险情

在第一次险情中,为了防止裂缝的继续扩大,南向进行花管注浆加固,利用浆液密实土体,充填边坡顶部的裂缝。

首先采用人工或机械方法将 $\varnothing 25\text{ mm}$ 花管打入砂层;再进行水玻璃水泥双液注浆,水泥浆水灰比 0.75,水玻璃浆液浓度 50%;然后在塌空开裂的部位回填 C15 的混凝土,使坡面基本达到平整;最后按 2.50 m 的间距设置排水管,排水管长度 5.0 m。按工勘报告提供岩土参数和原设计计算时的地层厚度重新进行计算,原设计锚杆抗拔力设计值基本准确,但考虑到地面动荷载变化较大且存在一定地下水向坡面渗漏等因素,锚杆抗拔力设计值作如表 2 所示调整,并分 3 次按表中值的 30%、80%、105% 进行张拉,最后按 70% 锁定。本次注浆加固方案如图 1 所示。

4.2 第二次事故

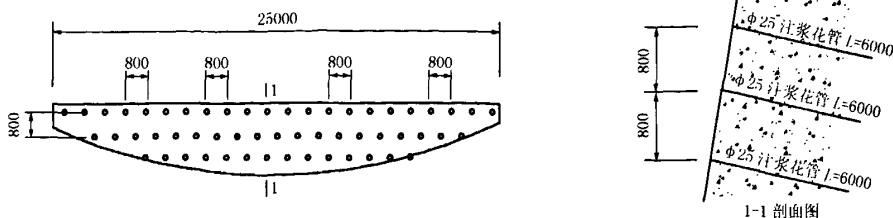


图1 南向开裂段注浆加固处理示意图

表2 锚杆抗拔力设计值调整表 /kN

边坡	第1道	第2道	第3道	第4道	第5道
南向	380	400	650	520	450
西向	340	360	480	630	490

第二次事故是西向产生近20 m的整体崩塌,对已崩塌段进行了如下的加固处理,以防止临近支护面继续垮塌。

(1)首先对化粪池周边进行注浆加固。注浆孔距为1.5~2.0 m,应保证化粪池四角和中段均布置有注浆孔;注浆孔深度为2.50 m。当化粪池周边注浆后如果下水道有水返出或池中水位上升,说明化粪池渗漏已被封堵。但下水道出口仍没有水流出,说明下水道也发生了渗漏,则应从化粪池两侧开始开挖下水道,检查和修复下水道。下水管道修复、检查通水顺畅、管沟回填夯实后再硬化地面。注浆采用人工打入1 in (Ø25.4 mm)自来水管制成的花管,花管下部1.0 m范围内按Ø6@200钻孔5~6个,并将底部制成尖锥形;注浆采用水灰比为0.75的水泥净浆,注浆压力<0.5 MPa(表压)。

在本次注浆加固过程中,为了更好地达到加固效果,提出了以下要求:

- ①当地面冒浆时应及时封堵冒浆;
- ②注浆施工过程中,应加强边坡的位移、沉降观测,每日观测次数不少于2次;
- ③当发现异常情况及时报告业主和设计单位;
- ④下水道修复并检查下水道通水顺畅后,应及时回填下水道管沟,并夯实填土。

(2)对崩塌段进行注浆加固。注浆加固先施工第一排,后施工第二排孔。注浆压力控制为:第一排 >0.2 MPa,第二排 ≤ 0.5 MPa;注浆时应加强本段的变形观测,据此调整控制注浆压力;注浆花管下部4.0 m范围内按Ø6@500钻孔;注浆水灰比采用0.55,并加入适量速凝剂;候凝7天后逐层挖去培土,施工新增加的锚杆和网格梁中的副梁。

(3)为了重新支护已崩塌段,新增4排锚杆,位于原支护面各网格梁的中心和新增十字副梁的结点

上。

(4)为了控制地下水渗漏对边坡的影响,还在卵石底板布置长度6~8 m的Ø70~80 mm排水软管,并以 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 仰角进行设置。

(5)由于已崩塌段网格梁的垮塌,带动临近西向一垮锚杆松动,本段除坡顶布置2排注浆孔注浆之外,还在第1、2、3、4网格中心增设1道锚索和十字梁(作为副梁),并且通过植筋使主梁、副梁连成一体。在新增锚杆尚未张拉之前,不能将反压培土全部挖除,必须随新增锚杆逐层挖出。

(6)新增锚杆网格梁必须在注浆强度达到50%以上(约7~10天)后才能开始施工锚杆孔;新增锚杆施工时应确认已施工的相邻锚杆是否被破坏;当确认四角相邻锚杆中有一根破坏时,本根新增锚杆长度应再增加2.0 m。

(7)当已施工的锚杆网格梁高度 ≥ 7.0 m时,应先将本坡段中部4根肋柱进行基础托换。

以上加固处理方案见图2~4。

5 加固后期监测

在进行了以上加固处理之后,保证了整个工程的安全,但此后还必须进行科学合理的监测,以确保万无一失。结合工程实践经验,对该工程监测项目提出以下警戒值:

- (1)边坡测斜:最大位移取30 mm,警戒值为25 mm,每天发展不超过5 mm;
- (2)边坡外水位:边坡开挖引起坑外水位下降 >2000 mm,每天发展不得超过500 mm;
- (3)煤气管道的变化:沉降或水平位移 >10 mm,每天发展不得超过2 mm;
- (4)自来水管道的变化:沉降或水平位移 >30 mm,每天发展不得超过5 mm。

应急措施:当监测项目超过其警戒值时,必须立即停止施工,查明原因,对支护方案进行修改,待加固处理后方能进行下一步开挖。

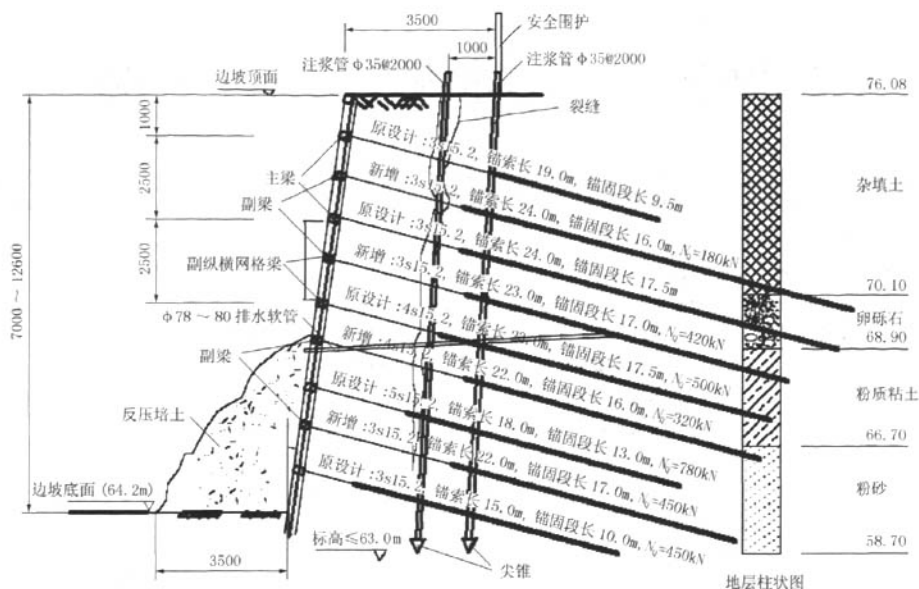


图2 西向崩塌段加固支护结构剖面图

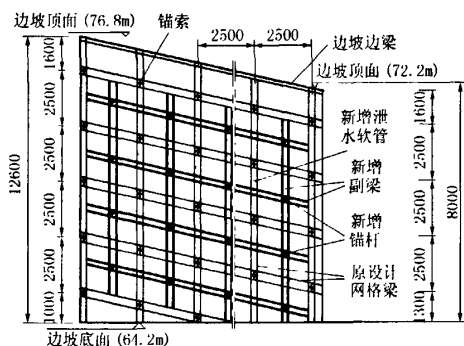


图3 西向崩塌段加固支护立面图

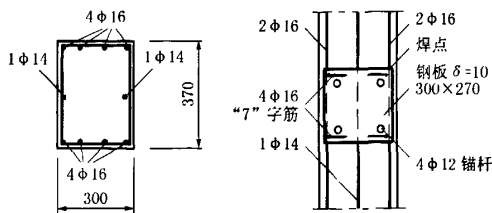


图4 加固新增副梁和植筋大样图

6 结语

经过科学严密的分析设计,本工程边坡已得到妥善加固,将工程安全事故的影响和损失减至最小,确保了亚商国际大厦基坑工程的顺利完工。

深基坑和边坡支护工程是高层建筑基础工程施工中的难点和重点,它的成败不仅对工程的造价、质量和工期有着重大的影响,而且更对周围环境有着不可忽视的影响。因此,在整个勘察、设计、施工和监测的过程中遵循有关规范,结合实际,因地制宜,狠抓事故隐患管理工作,加强安全教育,重视安全检查等工作,是实现深基坑和边坡安全生产工作的根本。

参考文献:

- [1] JGJ 120-99, 建筑基坑支护技术规范[S].
- [2] JGJ 94-94, 建筑桩基技术规范[S].
- [3] GB 50086-2001, 锚杆喷射混凝土技术规范[S].
- [4] GBJ 0-89, 混凝土结构设计规范[S].
- [5] 黄强. 深基坑支护工程设计技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1995.
- [6] 高大钊, 陈忠汉, 等. 深基坑工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [7] 余志成, 等. 深基坑支护设计与施工[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [8] 曾宪明, 林润德, 易平. 基坑与边坡事故警示录[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [9] 秦四清, 万林海, 贾全禄, 等. 深基坑工程优化设计[M]. 北京: 地震出版社, 1998.
- [10] 陈希哲. 土力学地基基础(第3版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.