

深基坑边坡位移突变原因及处理措施分析

苏铁志 马世敏 吴敏
(航天建筑设计研究院有限公司,北京 100070)

【摘要】 基坑开挖是基础工程和地下工程施工中的一个重要课题,属于一个综合性很强的岩土工程问题,不仅涉及土力学典型的强度和稳定问题,而且还包含变形及涉及围护结构与土相互作用问题。随着大量城镇建设的发展,深基坑工程越来越多,基坑越挖越深,工程地质条件及基坑周边环境越来越复杂,造成了越来越多的基坑事故。每一种支护技术和设计方法都是以一定的假设条件(如地层参数、物理模型、边界条件等)为基础。但实际上,地层条件复杂多变,支护机理并非一个模式,施工过程中存在很多不确定的因素,随着时间的推移,部分因素还在不断地变化,某一环节出现问题都可能造成基坑边坡位移超限,对基坑本身的稳定性、周边建筑物的安全运行造成威胁,如应急处置不及时、措施不得当,极有可能诱发重大事故。以北京某桩锚支护基坑工程为例,对诱发基坑边坡变形超限的原因及控制措施进行了分析与总结。

【关键词】 基坑开挖;深基坑;边坡变形超限;基坑事故;位移控制

【中图分类号】 TU 941

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2018.02.008

Deep Foundation Pit Slope Displacement Mutation Causes and Treatment Measures Reliability Analysis

Su Tiezhi Ma Shimin Wu Min

(China Aerospace Academy of Architectural Design&Research Co., Ltd, Beijing 100070, China)

【Abstract】 Foundation pit excavation is a foundation engineering and underground engineering construction of an important subject, belongs to a comprehensive geotechnical engineering problems, not only involves the strength and stability of the typical soil mechanics problems, but also contains the deformation and retaining structure and soil interaction issues. With the development of a large number of urban construction, the more and more deep foundation pit engineering, foundation pit digging ever deeper, engineering geological conditions and foundation pit surrounding environment more and more complex, has caused more and more pit accidents. Each kind of supporting technology and design method is based on certain assumptions, such as the formation parameters, the physical model, boundary conditions, etc. But in fact, the geological conditions are complex and changeable, supporting mechanism is not a pattern, there are many uncertain factors in the construction process, with the passage of time, some factors are still changing. Problems of a certain link may cause displacement of foundation pit slope overrun, threaten the stability of foundation pit itself and threaten the safe operation of the surrounding buildings, such as the emergency disposal measures are not timely, not when, is likely to cause serious accident. This paper takes Beijing a pile anchor support of foundation pit engineering as an example, the cause of the foundation pit slope deformation induced overrun and control measures are analyzed and summarized.

【Key words】 excavation of foundation pit; deep foundation pit; slope deformation transfinite; foundation pit accident; the displacement control

0 引言

近年来,随着我国城市建设的发展及大型地下工程的不断涌现,深基坑工程日益增多,基坑工程的风险性随着开挖深度的增加和环境条件的日益复杂而增大^[1],从而出现了很多基坑支护工程的事故。

陈志辉^[2]针对某基坑诱发基坑边坡位移突增的原因及措施进行了分析和总结。任俊^[3]对基坑的失效机理进行了分析,并研究了大量基坑支护工程的事故。杨宁等^[4]介绍了深厚软土基坑深层滑移事故的分析及抢险加固的设计实例,评价了加固支护结

构的安全可靠度和施工的可操作性。

目前,国内工程界对基坑工程事故多发的原因有着较为一致的认识,主要表现在以下几个方面。

1)基坑工程主要集中在市区,施工场地狭小,距离周围建筑物较近,如轨道交通系统、地下管线、天然地建筑物等,因而对基坑稳定和变形控制要求极高。如遇地下管线接头老化等情况时,极易造成基坑周边环境的破坏,对基坑周围土体不同程度地扰动,造成基坑事故的发生。

2)基坑工程涉及面广,技术性强,同勘察、设计、施工、监测、管理等因素都有关系。任何一方出现处理不当,均会造成事故发生。

3)基坑工程施工周期长,暴雨突袭、地面超载等多种偶然因素的影响,是基坑事故高发的直接原因。

4)基坑工程中不确定因素多,如岩土性质个体差异大,勘察数据离散性大,土与支护结构作用机理研究不深入等,致使安全系数的选取也具有不确定性。

5)片面强调深基坑工程的临时性,而常常容易忽略其重要性、复杂性、随机性、困难性、风险性及事故的常见性和多发性。

综上所述,对基坑事故进行全面分析是必要的,本文结合北京市东城区某出现位移超限的基坑工程实例,分析了基坑边坡位移突变超限的原因,提出有效的加固处理措施,保证了后续地下结构的施工,根据加固处理前后的监测对比,对所采取的加固措施使支护结构恢复稳定进行了分析和总结。希望对北京地区的类似基坑实施提供经验参考。

1 工程概况

1.1 基坑尺寸及周边环境

某基坑工程位于北京市东城区,地上5层,地下3层,基坑总面积约17286 m²,基坑支护周长约为575.5 m,呈长方形。由北向南分为A、B两座,其中A座基坑槽底标高-14.8 m,开挖深度为13.8 m, B座基坑槽底标高为-16.4 m,开挖深度为15.4 m。

西侧及北侧紧邻市政道路,距离约为15.0 m;基坑东侧北段为单层框架厂房,无地下室,距离外墙距离约为6.0 m;基坑南侧为5层商业楼,该5层商业楼为独立基础,无地下室,基础埋深约1.8 m,距离外墙最近距离为4.5 m。基坑周边环境比较复杂,为确保基坑周边已建建筑及市政道路安全,本基坑工程安全等级为一级。

1.2 支护结构设计参数

场地周边狭小,环境较为复杂,对基坑围护结构变形要求较严。综合周边的环境条件、基坑开挖的深度及地层条件、水文条件。基坑采用护坡桩+预应力锚杆支护形式,护坡桩采用A800@1400(1600)钻孔灌注桩。A800@1400(1600)护坡桩桩间分别采用双A700的双重管、单A1000的三重管高压旋喷桩止水,基坑内侧采用降水井人工降水。基坑平面及监测点布置示意图见图1。

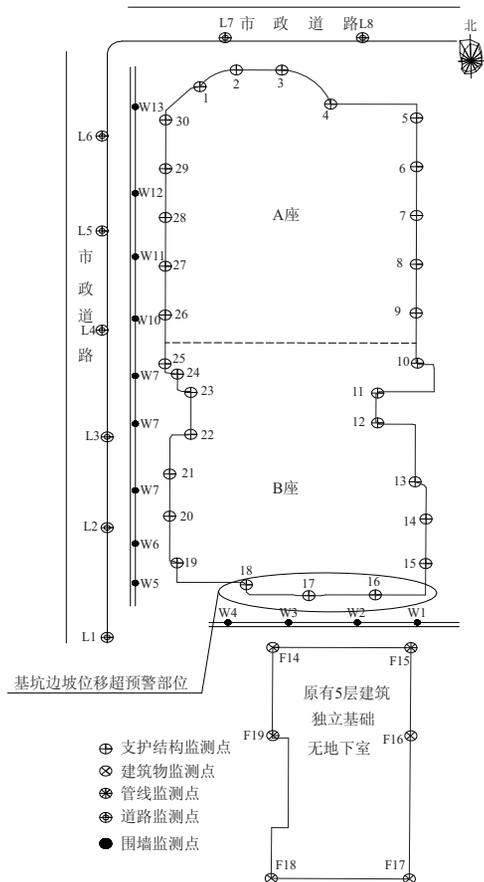


图1 基坑平面及监测点布置示意图

1.3 工程地质情况

根据岩土工程勘察报告,本项目支护设计有影响的土层自上至下分别描述如下:

第①层黏质粉土素填土:黄褐色,稍密,稍湿—饱和,含砖屑、灰渣等。本层夹①₁层杂填土。本层及夹层厚0.9~3.5 m,层底标高介于38.77~42.41 m之间。

第②层砂质粉土—黏质粉土:褐黄色,湿—饱和,稍密,含氧化铁、云母等。局部夹②₁层粉质黏土—重粉质黏土、②₂层粉砂。本层及夹层层厚2.0~5.6 m,层底标高介于35.41~38.52 m之间。

第③层细砂:褐黄色,饱和,中密,含石英、长石、

云母等。局部夹③₁层砂质粉土、③₂层粉质黏土。本层及夹层层厚 1.9~5.6 m,层底标高介于 32.92~35.22 m 之间。

第④层粉质黏土—黏质粉土:褐灰色—褐黄色,饱和,可塑(中密),含氧化铁、云母、有机质等。局部夹④₁层砂质粉土、④₂层粉砂、④₂层重粉质黏土—黏土。本层及夹层层厚 6.5~9.5 m,层底标高介于 24.91~27.82 m 之间。

第⑤层粉质黏土—黏质粉土:褐黄色,饱和,可塑(中密),含姜石、氧化铁、云母等。局部夹⑤₁层砂质粉土、⑤₂层重粉质黏土—黏土。本层及夹层层厚 3.7~7.1 m,层底标高介于 19.61~21.26 m 之间。

各层土的物理力学指标见表 1。

表 1 各层土的物理力学指标

土层	黏聚力 /kPa	内摩擦角 /(^o)	天然重度 /($kN \cdot m^{-3}$)	与锚固体摩阻力 /kPa
①	10	15	19.0	
①	5	5	17.0	
②	15	20	19.0	50
② ₁	30	10	18.1	45
② ₂	0	30	20.0	35
③	0	30	20.5	55
③ ₁	15	20	19.0	50
④	25	15	19.7	45
④ ₁	15	25	19.8	55
⑤	25	30	20.0	55

勘察期间测到 2 层地下水:第一层地下水稳定水位埋深 2.00~4.60 m,地下水类型为台地潜水;第二层地下水稳定水位埋深介于 12.50~13.6 m 之间,地下水类型为潜水。场地潜水的补给来源主要是大气降水入渗补给,以蒸发和地下径流为主要排泄方式,水位受季节性变化影响。

2 基坑边坡突变位移情况及原因分析

2.1 基坑及周边监测情况

护坡桩于 2015 年 4 月 15 日之前完成,于 2015 年 7 月 25 日开始对基坑进行开挖及锚杆支护工作,于 2015 年 10 月 5 日开挖到底,基坑南侧最后一道锚杆已于基坑见底前张拉完成,并开始准备垫层施工工序,从基坑周边巡视记录及监测数据分析,在基坑超限之前无明显预兆,10 月 13 日南侧东段 16、17 号观测点水平位移量突增很大,其中 16 号观测点当天累计变形 15 mm,累计位移量到 31 mm,已超过设计位移预警值(26 mm),并在继续发展。由图 2 可以看出,10 月 13 日基坑水平位移突增之后,

基坑水平位移增大趋势变缓,10 月 20 日基坑水平位移又一次发生较大的变化,当天累计变形 5 mm,累计变形 40 mm,已经超过基坑变形控制值(32 mm)。

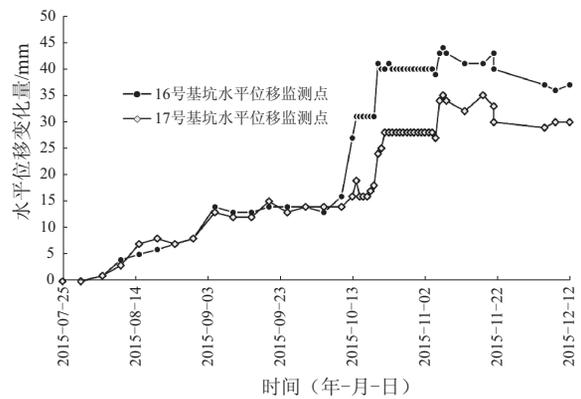


图 2 全站仪-视准线法监测坡顶水平位移

2.2 基坑周边环境情况

1) 基坑南侧 5 层建筑物的沉降情况

本文选择基坑南侧紧靠基坑的 5 层建筑物沉降变化量较大的 14、15 号两个监测点,见图 3,分析该建筑物在各个开挖工况下的沉降变形趋势,从基坑开挖支护工况上可以看出,从 10 月 5 日基坑开挖见底到 10 月 13 日,该 5 层建筑物沉降变化趋势为缓慢增加,10 月 13 日开始,沉降曲线突增变陡,从图 2 及图 3 可以看出,随着加固及控制水源等措施后,基坑水平位移趋于稳定,但是建筑物沉降仍在继续发展。

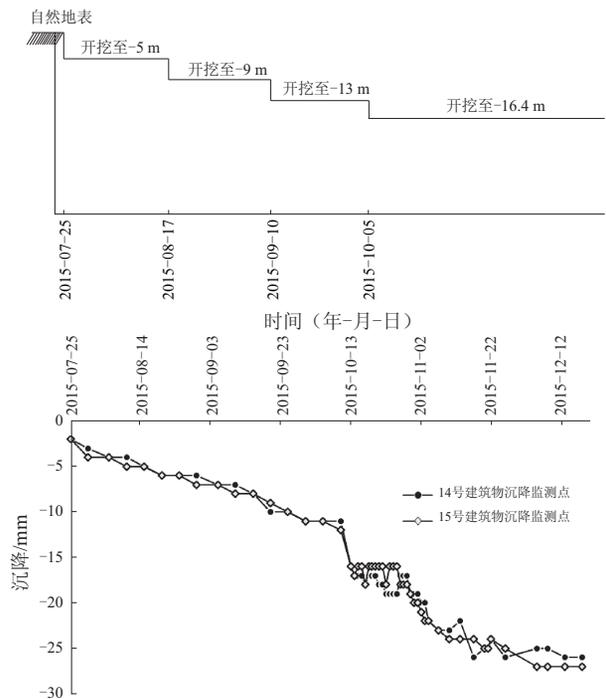


图 3 电子水准仪-监测建筑物沉降变形

2) 基坑漏水情况

从10月13日开始,基坑南侧第一道锚杆中流出大量污水,该段锚杆已施工完毕近2个月,基坑背侧路面在基坑开挖前期已做好硬化,此段时间不是雨季,对照基坑支护剖面图,可以排除不是在护坡桩及锚杆施工过程中对附近管线造成的破坏。

3) 地表塌陷情况

在寻找漏水原因过程中,进行管线修复及化粪池更换移位施工,发现基坑冠梁背侧人工开挖的2.0 m左右的深坑内的第②层砂质粉土—黏质粉土层自动塌陷,土体接近饱和。

2.3 原因分析

此前边坡位移发展稳定,基本符合施工进度与工序影响的规律,短期内突发如此大的位移,始料不及。根据现场情况综合分析如下:

1) 由于护坡桩桩间有止水帷幕(高压旋喷桩),围护墙的止水效果较好,高压旋喷桩具有较好的固壁效应,为不透水界面,且污水管线长期没有进行疏通,存在堵塞情况,致使化粪池污水不易排出,且长期存储,随着基坑的逐步开挖,基坑背侧地基土长期处于饱和状态,且污水本身的重力及张力给已完成的桩锚支护带来额外的荷载,打破原有开挖支护已有的应力平衡状态。

2) 边坡位移变形突增时期,有大量连续的污水从第一道锚杆孔排出,污水流经土体的水流会对土颗粒和土骨架施加渗流力,过大的渗流力引起土颗粒和土骨架的移动,细颗粒被水带走,造成基坑背侧土体流失、扰动而引起地基土的重新分布,从监测数据分析,靠近污水管线裂口处基坑水平位移变形最大,随着基坑水平位移变形的逐渐增大,渗出面的边界总水头压力使该处形成了污水渗漏路径。

3) 化粪池及管线已经破损,由于是老旧化粪池及管线,且管线之前有破坏,在之前发现破坏时并未进行及时更换,采用混凝土直接封堵。老旧化粪池采用的砖混结构,极易随着基坑水平位移而造成破坏。在未发现化粪池池身裂缝之前,采用注水抽化粪池沉淀粪便,造成了基坑边坡的第二次大的变形。

4) 深基坑工程实际上是空间问题,且具有时间效应,基坑暴露时间越长,问题越多。本基坑工程持续施工时间较长,时间效应对土压力计算有一定的影响,主要考虑两个方面:一是剪应力作用下土体长期位移形式出现的剪切蠕变;二是土骨架蠕变引起的土体变形,随着时间的增长,主动土压力逐渐增大而被动土压力逐渐减小。

综上所述,由于渗水及基坑施工时间过长的影响,土体的抗剪强度、侧摩阻力不断下降,引起预应力锚杆预应力损失,基坑边坡稳定性降低,桩间土局部空洞,造成冠梁顶土体下沉,带动上部边坡整体下沉和水平位移。为防止基坑变形进一步加大,应采取紧急加固措施。

3 处理措施及加固效果分析

3.1 应急措施

1) 查堵不明来水,疏排基坑内的积水,关闭所有供水水源,冠梁与硬化路面出现的裂缝使用水泥浆及时进行封堵,以防再有外水渗入。

2) 加强位移监测,对异常部位边坡每小时进行一次水平位移监测,指定专人对现场不间断巡视,及时掌握边坡变形动态。

3.2 支护结构补强措施

1) 加固设计方案是建立在前期基坑变形超限分析的基础上,力求安全、经济、合理、可行。

2) 由于基坑已施工至槽底,坑内不具备被动区加固施工的可能;基坑南侧5层楼基础与基坑较近,且埋深较浅,不具备上部土卸荷的可能,根据场地地质条件以及原有支护系统的综合评价,在原有基坑设计剖面基础上,在第一、二道锚杆间增设一道锚杆,锚杆长度为20.0 m,其中自由段5 m,3×7A5钢绞线,设计轴力360 kN,锁定力260 kN,采用双25B工字钢腰梁。增设锚杆基坑设计剖面图见图4。

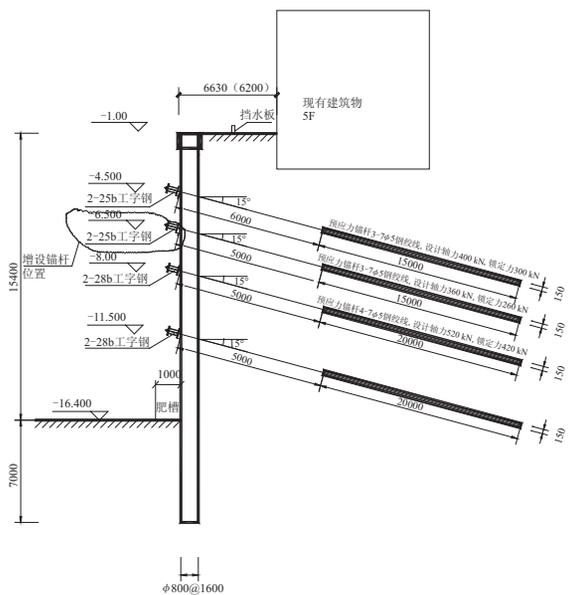


图4 增设加固锚杆支护剖面图

3) 地下二层施工后,及时使用商品混凝土进行基坑肥槽的回填。

(下转第95页)