

基坑竖向位移监测与地表沉降分析

孙廷仁^{1,2}

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 济宁 272100; 2. 山东省华鲁工程总公司, 山东 济宁 272100)

摘要: 基坑工程作为一项综合性的工程项目,其质量好坏直接影响到后续的工程建设,最重要的影响因素就是岩土和地下水,二者带来了许多不确定性。通过对聊城公共交通集团调度中心工程基坑开挖过程中出现的土体渗流、沉降变形等问题的分析,并提出合理的解决方案,得出以下结论:软土地层止水帷幕不宜采用单轴搅拌桩;软土地层蠕动变形强烈,已施工锚杆易产生预应力损失,应随时检测,拉张补强。

关键词: 地下水; 基坑降水; 沉降变形; 位移监测; 土体渗流

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)07-0076-04

Monitoring of Foundation Pit Vertical Displacement and Analysis on Surface Settlement/SUN Ting-ren^{1,2} (1. Shandong Provincial Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Jining Shandong 272100, China; 2. Shandong Provincial Hualu Engineering Corporation, Jining Shandong 272100, China)

Abstract: The foundation pit works, as a comprehensive engineering project, its quality directly affects the subsequent construction; the most important factors are geotechnical and groundwater conditions, these two bring a lot of uncertainty. This paper analyzes soil seepage, settlement deformation and other issues during the excavation process of a foundation pit and puts forward a reasonable solution, it is concluded that uniaxial mixing pile is not suitable for waterproof curtain in soft soil; the completed anchors, being easy to have pre-stress loss in soft soil with severe creep deformation, should be kept detecting and tensioned for reinforcement.

Key words: groundwater; foundation pit dewatering; settlement deformation; foundation pit monitoring; soil seepage

0 引言

基坑工程作为一项综合性的工程项目,其质量好坏直接影响到后续工程的建设。造成基坑边坡失稳的影响因素有很多,有学者探讨了基坑放坡开挖的失稳因素,主要受到了土体和地下水影响^[1],然而,岩土和地下水的共同作用使得基坑边坡失稳原因多种多样,也因此吸引了诸多专家学者探讨研究。土体渗流和孔隙水压力变化是其中2个重要方面;渗流作用会引起土体抗剪强度的变化^[2],非饱和-饱和土地的渗流与沉降变化是有所区别的^[3],虽然有专家学者构建不同模型试图分析自然状态下的土体渗流规律^[4-5],但要客观反映还是有一定难度;地下水下降会引起孔隙水压力随之变化^[6],尤其是在软土层或松散地层,孔隙水压力的变化会带来土体的强烈变形^[7-8]。因此,在基坑开挖工程中需针对不同岩土状况设计相应支护形式,对现有设计要求来说,安全性必须放在首位,同时也必须制定措施方案,以应对各种支护险情^[9]。另外,复杂环境下深基坑的地下水变化和控制^[10]以及对周边历史保

护建筑沉降及保护^[11]也是值得研究的课题。基坑施工中会遇到诸多问题,但因岩土工程复杂性和施工工期紧张等原因,研究报道只占实际事例的一小部分。本文以聊城市一基坑为例,对基坑开挖和降水施工引起基坑变形的原因进行分析,并提出可靠有效的解决方案,意在通过险情的分析和处理,从失败中吸取经验,为其他类似基坑施工提供参考。

1 工程概况

1.1 工程基本情况

拟建工程为聊城公共交通集团调度中心,位于山东省聊城市柳园路以西,前许街以北。拟建建筑主楼为地上5层,局部为地上3层和2层,下带2层地下车库。本项目基坑开挖深度为9.0 m。

1.2 场地地质条件

1.2.1 地形、地貌及地层情况

场地所处地貌类型为鲁西黄河冲积平原,地形比较平坦,高程变化小。土层形成的地质年代为第四系,土的岩性主要为杂填土、粉土、粉质粘土及粉

收稿日期:2017-01-08; 修回日期:2017-03-21

作者简介:孙廷仁,男,汉族,1966年生,总工程师,高级工程师,水文地质与工程地质专业,从事基坑工程、破损山体治理设计及施工工作,山东省济宁市兖州区建设东路272号,suntingren@163.com。

细砂,其物理力学性质见表 1。

表 1 地层岩性及物理力学性质一览表

层号	土层名称	层厚/m	土层描述	天然重度 γ / (kN·m ⁻³)	粘聚力 c / kPa	内摩擦角 φ / (°)
①	杂填土	1.50	松散,稍湿,主要为建筑和生活垃圾	20.0	5.0	10.0
②	粉土	0.73	中密,稍湿,低干强度,低韧性	18.0	6.0	32.0
③	粉质粘土	0.90	可塑,中等干强度	18.0	25.0	14.0
④	粉土	7.03	中密,很湿,低干强度,低韧性	18.0	6.0	32.0
⑤	粉质粘土	1.70	可塑,中等干强度	18.3	26.0	13.2
⑥	粘土	2.63	中密,很湿,低干强度,低韧性	18.9	6.0	33.0

1.2.2 地下水

场区内的地下水按埋藏条件为第四系孔隙潜水类型。其水位动态主要受气象变化、开采条件控制。主要以大气降水为主要补给来源,以地表蒸发、人工抽取为排泄方式。根据区域水文地质资料显示,地

下水随季节变化较大,年变幅在 1~2 m。勘探期间水位在相对标高零点以下 5 m 左右。

1.3 场区周边环境及支护型式

1.3.1 场区周边环境

场区地处聊城市中心繁华路段,东、北两侧离居民楼很近,且因建造年代久远已成危楼,由此造成周边居民对基坑开挖很是敏感。

1.3.2 支护型式

经综合考虑,基坑周边采用单轴双排搅拌桩做帷幕,采用 $\varnothing 800$ mm 灌注桩加预应力锚杆形式进行支护,采用大口井进行坑内降水。

1.4 监测点布置

针对基坑所处敏感位置,在帷幕及护坡桩、冠梁施工结束后严格按基坑监测规范的规定在坑顶周边建筑上进行了观测点的布置(如图 1 所示)。主要观测基坑和周边建筑物的水平、竖向位移变化情况,

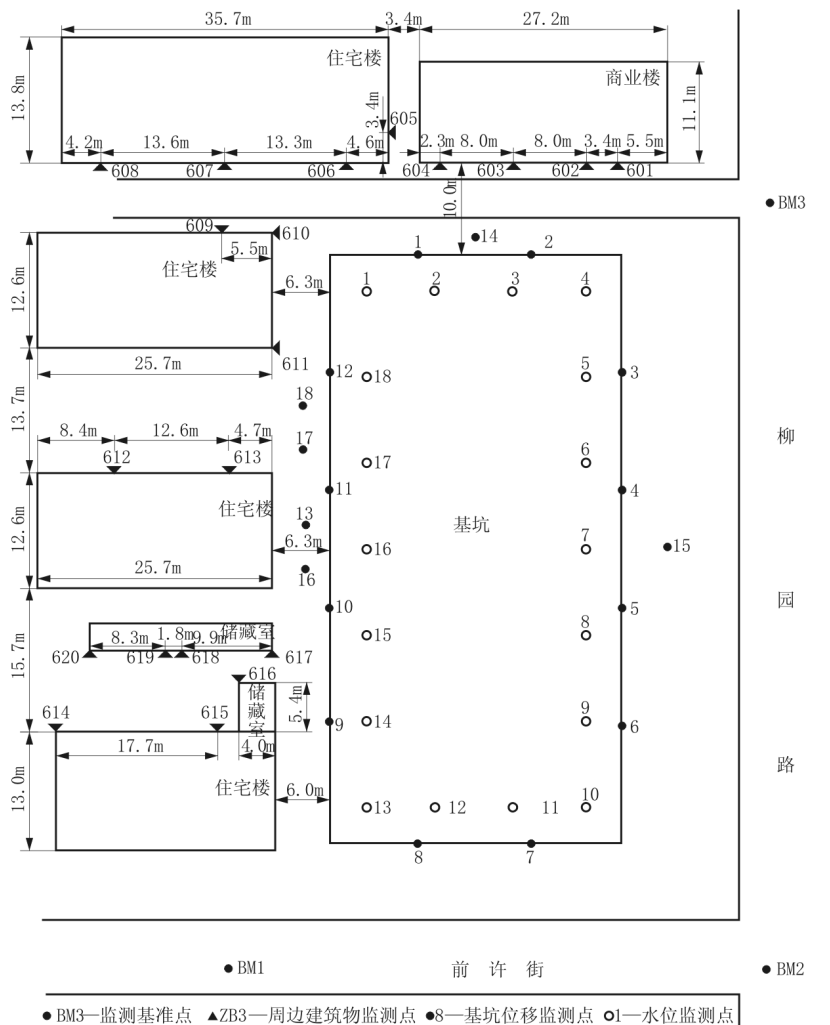


图 1 项目区监测点布置

以分析基坑变形对周边建筑物的影响。

2 问题与分析

基坑开挖前需先进行基坑降水2天,使得坑底水位线低于底板0.5 m以上,保证场地状况符合施工要求。在降水的前15日,基坑各监测点竖向位移持续变大,15日时累计变化最高达10 mm左右,而后大部分回

弹,在波动中趋于稳定(见图2)。周边建筑物在起初的15日竖向位移变化速率和累计变化量属于监测安全范围内,但15日之后610、611、613这3个监控点竖向位移产生了阶梯式的突变(见图3),而属于同一建筑的其他监控点竖向位移却保持缓慢增长,从实际建筑变化情况上看,基坑西侧的2栋住宅楼发生了不均匀沉降,使得楼体向基坑侧发生倾斜,楼体局部产生裂缝。

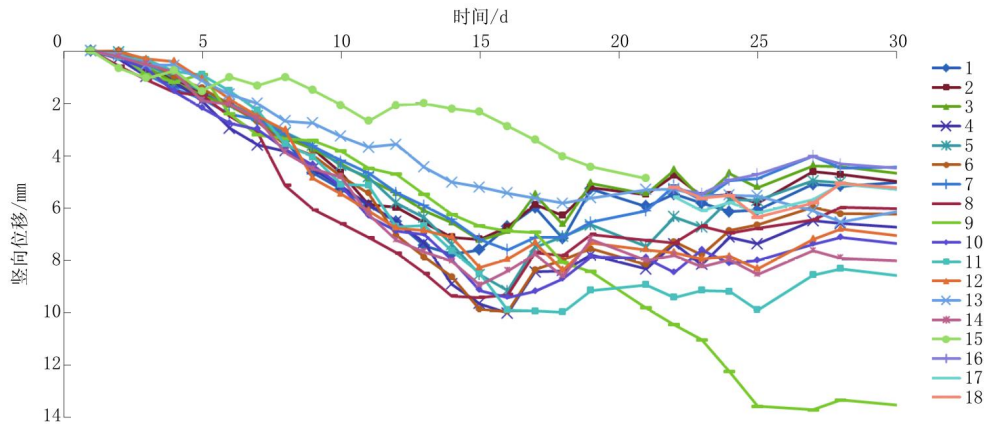


图2 基坑监测点竖向位移变化

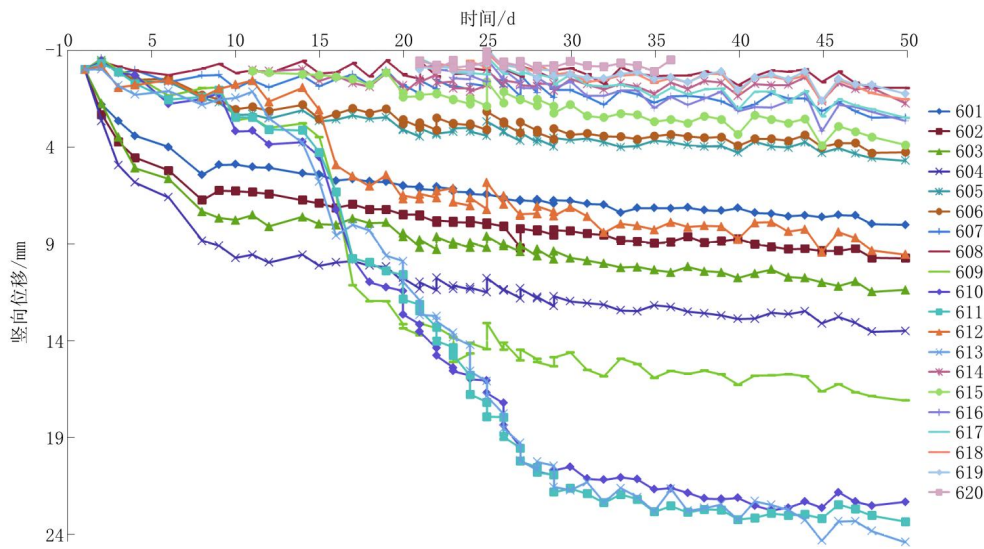


图3 周边建筑物监测点竖向位移变化

虽然基坑和周边建筑的竖向位移累计值和变化速率均在规范安全监测值范围内,但是由于周边建筑老旧、对地层荷载较大以及地下水情况复杂,使得居民能明显感觉到楼体的变化。可是为何在15日之前周边建筑物沉降变化不大,而在15日之后才发生突变呢?

经调查分析,原来土方开挖时未按设计规定深度开挖,局部造成超挖,而锚杆支护未相应跟上,随着基坑的继续下挖,又发现局部因搅拌桩未形成有

效帷幕,造成局部坑壁出现土体随水挤出及降水井施工过深造成坑外的水与坑内水形成了水力通道,基坑周边土体内力失稳。抽水时,随着地下水位的下降,引起地层固结沉降,土体蠕动变化不断累积以致局部发生突变,使得15日左右基坑竖向位移反弹而临近的周边建筑竖向位移变化率突然增大。另外,在地层中进行锚杆施工时采用了不合理的施工工艺,造成锚杆施工出土过多,锚杆的抗拔力较弱,土体位移空间增加。而这一切的结果则造成了坑壁

位移过大及周边建筑物沉降过大现象。

3 解决方案

(1)针对西侧、北侧靠近居民楼处已开挖至坑底标高区域,用土回填对基坑底部进行反压直至原自然地坪标高。

(2)针对帷幕失败现象,在坑外临近周边建筑物外每隔5.0 m施工回灌井,坑内降水井内水泵提至10.0 m深处抽水进行补救,严禁超抽地下水。同时加大了基坑及周边建筑物的监测频率,把每次的监测结果与上次及以往的相对照,根据位移量采取相应对策,如:局部地段停泵抽水;局部地段加大回灌;局部地段加大分层分段开挖并随时进行支护的频率。经过每天分析监测结果后及时采取相应的开挖支护降水措施,周边建筑物的变形最后趋于稳定。

(3)在基坑及周边建筑物变形基坑稳定后,再开始分层分段挖除回填反压的坑内填土(分层、分段分别为1.5 m、10.0 m),同时监测分层分段开挖后相应区段边坡及建筑物的变形情况,分层分段开挖间隔时间 ≤ 2 d且监测相应区段基坑及周边建筑物的变形趋于稳定为准,如此反复,直至开挖至基底标高。

(4)对区域内已施工锚杆每隔1周检测其预应力损失情况,若有损失则随时进行张拉补强。使用拉张机拉张预应力损失的锚杆直至达到规定要求后,拧紧螺栓固定。同时做好上下层和两侧锚杆的预应力检测,并记录。

4 结论

通过本项目的治理,总结以下经验教训。

(1)勘察阶段的数据采集一定得根据现场实际情况做适当调整,对于软土覆盖较厚的地层,应在拟建(构)筑物重要结构面位置加密勘察孔,为以后的设计和施工提供客观、详实的第一手资料。

(2)软土地层局部很可能因内外力原因而使其内部应力集中,从而使得基坑侧壁局部产生过大变形。因此,在基坑支护方案设计初期,应在熟悉勘察资料的基础上,进一步详细考察拟施工场地的地层、周边环境和附加荷载等情况,必要时可在重要位置开挖几处探坑,以确保对场地情况的充分了解。

(3)设计是施工的指导,但施工切不可盲目照搬设计。施工人员应在全面掌握拟建建筑物场地土层、地下水、环境保护等方面条件后,明确开挖原则,

然后采用合理的开挖方式进行土方的竖向分层和水平分块开挖。由于基坑开挖过程中的时空效应非常明显,因此,对于面积大、周边长的基坑,开挖时需控制支撑架设或浇筑时间和强度。由于软土地层蠕变变形较大,容易产生预应力损失,这种变化位置很难确定,因此,在施工过程中,应注意边坡变化,随时对已施工锚杆进行张拉补强。另外,在软土地层使用挡水帷幕时,不宜采用单轴搅拌桩,建议采用双轴、三轴搅拌桩,或是高压旋喷法施工。

(4)基坑开挖和降水会引起土体内渗流和负孔隙水压力的消散,而导致土体物理性质的变化,尤其是在渗透系数较大的软土地层,很容易在开挖或降水之后发生巨大的土体变形。因此,在锚杆施工完后检测其预应力损失情况是十分必要的,预应力损失是土体蠕变变形的信号之一,及时发现情况并做好补救措施可以防范边坡坍塌和不均匀沉降等问题。另外,基坑监测点一定要及时布设并根据基坑施工现场出现的情况随时对监测频率和监测时机进行调整,并随时与施工现场有关人员测试数据进行分析,以求立即采取相应的基坑支护应急及改进措施。

参考文献:

- [1] 孙立宝. 基坑工程中放坡开挖失稳的因素分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(1): 78-81.
- [2] 柴军瑞, 崔中兴. 渗流对土体抗剪强度的影响[J]. 岩土工程技术, 2001, (1): 8-10.
- [3] 廖红建, 姬建. 深基坑开挖中饱和-非饱和土体渗流-沉降的耦合分析[J]. 应用力学学报, 2008, (4): 637-640, 736.
- [4] 申林方, 王志良, 李邵军. 基于格子 Boltzmann 方法的饱和土体细观渗流场[J]. 排灌机械工程学报, 2014, (10): 883-887, 893.
- [5] 周潇, 申林方, 阮永芬, 等. 基于四参数随机生长法重构土体的渗流细观数值模拟[J]. 排灌机械工程学报, 2015, (4): 316-321, 326.
- [6] 刘志强, 庞炜, 戴迎春, 等. 水位下降过程中孔隙水压力变化的若干规律研究[J]. 工程勘察, 2008, (S1): 203-209.
- [7] 隋旺华, 董青红. 近松散层开采孔隙水压力变化及其对水砂突涌的前兆意义[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, (9): 1908-1916.
- [8] 张忠苗, 谢志专, 刘俊伟, 等. 粉土与淤质互层土中管桩压入过程孔隙水压力试验研究[J]. 岩土工程学报, 2010, (S2): 533-536.
- [9] 杨海涛, 张跃进. 基坑支护险情处理应急措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(7): 11-14.
- [10] 陆建生, 付军. 复杂环境下深基坑地下水综合控制分析[J]. 地下空间与工程学报, 2013, (6): 1433-1438.
- [11] 张治国, 赵其华, 鲁明浩. 邻近深基坑开挖的历史保护建筑物沉降实测分析[J]. 土木工程学报, 2015, (S2): 137-142.
- [12] JGJ 120—2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [13] GB 50330—2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [14] GB 50497—2009, 建筑基坑工程监测技术规范[S].
- [15] 刘国彬, 王卫东, 等. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.

PA - 10 型钢管柱安装机的研制及 在新型 PBA 工法施工中的应用

陈根龙, 宋 刚, 崔淑英, 邵玉涛, 陈晓君

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:介绍了新型 PBA 工法所使用的 PA - 10 型钢管柱安装机的结构、性能参数与自动调垂原理。对比传统 PBA 工法,采用 PA - 10 型钢管柱安装机的新型 PBA 工法具有成孔效率高、调垂精度高、施工周期短、经济效益高等优势。结合哈尔滨市地铁 2 号线省政府站钢管柱施工案例,中桩的测量放样结果显示安装机调垂精度完全符合设计需求,证明了 PA - 10 型钢管柱安装机的研制是成功的。PA - 10 型钢管柱安装机的应用,在减轻工人劳动强度的同时,极大地提高了施工的安全系数与施工质量,对于地铁车站建设向机械化、自动化发展方面具有重大意义,也符合现代城市轨道交通建设的发展趋势。

关键词:钢管柱安装机;城市轨道交通;地铁;新型 PBA 工法

中图分类号: TU69 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2017)07 - 0080 - 05

Development of PA - 10 Steel Pipe Column Mounting Machine and Its Application in New PBA Method/CHEN Gen-long, SONG Gang, CUI Shu-ying, SHAO Yu-tao, CHEN Xiao-jun (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The structure, performance parameters and automatic adjusting verticality principle of PA - 10 steel pipe mounting machine, which is used in new PBA method, are discussed. Compared with the traditional PBA method, this new PBA method has the advantages of high efficiency, high precision of adjustable verticality, short construction period and high economic benefit. According to the steel pipe column construction case of Provincial Government station of Harbin metro Line 2, the measurement lofting result of the middle pile shows that the adjusting verticality accuracy meet the design requirements, which proves the successful development of PA - 10 steel pipe mounting machine. By the application of PA - 10 steel pipe mounting machine, the labor intensity of workers is reduced; and at the same time, both the construction safety coefficient and the construction quality are greatly improved, which has great significance for the development of subway station construction toward the mechanization and automation and is in line with the development trend of modern urban rail transit construction.

Key words: PA - 10 steel pipe mounting machine; urban rail transit; metro; new PBA method

0 引言

在地铁车站施工中采用传统的 PBA 工法时,由于导洞比较狭窄,其断面形状一般为 3 m 宽、5 m 高的马蹄形,钢管柱的吊装主要依靠人工使用简易门架配以电葫芦来进行下放操作,洞内空间狭窄、光线不充足,较为危险。此外,钢管柱安装的垂直度靠人工下入孔底进行定位的方式来保证。就需要提前下入钢护筒到孔底来进行孔壁维稳,此钢护筒属于临时维稳部件,开挖时要进行破坏拆除,费时费力,经济效益差。由此可见,全靠人工施工,钢管柱的安装精度较差、危险性也比较大,因此,急需研发一款结

构紧凑和具有吊装、安放、调垂钢管柱的设备,来完成钢管柱施工。

基于此,我所研制出 PA - 10 型隧道钢管柱安装机(以下简称“安装机”),主要应用于新型 PBA 工法中钢管柱的吊放与安装,其调垂功能由高精度倾角传感器保证,可使钢管柱的垂直度误差控制在 2‰以内。钢管柱安装机采用电机作为动力源,以电机带动的液压泵作为油源来完成各个动作,且各动作间彼此独立,可复合操作、可独立操作。采用的 PLC 控制器基于 canopen 协议,功能强大、接线简单、拓展能力强,还配有无线遥控器、PLC 显示器。

收稿日期:2017 - 05 - 24; 修回日期:2017 - 06 - 06

作者简介:陈根龙,男,汉族,1988年生,地质工程专业,硕士,从事城市轨道交通工程施工设备智能机械化研究工作,河北省廊坊市金光道77号,47221905@qq.com。