

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2016.05.029

土钉支护在某深基坑工程中的应用分析

秦鹏飞¹, 刘艳²

(1. 郑州工业应用技术学院 建筑工程学院, 河南 郑州 450010; 2. 深圳市勘察测绘院有限公司, 广东 深圳 518028)

摘要: 为了检测土钉支护技术在郑州等地区深基坑工程中的适用性和可行性, 对某基坑开挖过程中基坑周边的安全情况进行了跟踪监测。采用精密水准仪和测斜仪对基坑西侧和南侧的两条主干道路、基坑在开挖施工中向坑内的水平位移及基坑周边主要建筑物的沉降进行了观测。监测结果表明, 各测点沉降位移和水平位移均满足工程要求, 土钉支护取得了明显的预期效果。

关键词: 土钉支护; 深基坑工程; 应用; 分析

中图分类号: TU472

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2016)05-0151-04

Analysis of Soil Nailing Application in a Deep Foundation Pit

QIN Pengfei¹, LIU Yan²

(1. School of Architectural Engineering, Zhengzhou University of Industrial Technology, Zhengzhou, He'nan 450010, China;

2. Shenzhen Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518028, China)

Abstract: The soil nailing support techniques have been widely used in the deep foundation pit with many advantages such as simple construction machine, economical investment, lightweight construct, fast construction progress. The soil nailing application in a deep foundation pit in Zhengzhou has been analyzed and the settlement of the surrounding road and architecture and the horizon displacement of the pit side was monitored. Results indicate the settlement and the displacement can met the engineering request. The soil nailing support got the expected effect.

Keywords: soil nailing support; deep foundation pit; application; analysis

基坑支护结构一旦失事, 将产生严重的经济损失。工程建设中基坑支护结构产生的工程事故主要表现为基坑塌方、基坑内部大面积积土、基坑周边道路开裂甚至塌陷、基坑局部区域内的地下管线、电缆变位以致于破坏, 邻近建筑物不均匀沉降产生墙体开裂等, 给人们的正常生产生活带来一定困扰。因此, 合理选取基坑支护形式和支护方案至关重要, 直接关系到深基坑工程的安全与顺利施工, 在基坑开挖之前必须深入调研, 充分论证^[1-3]。

土钉支护是在预开挖的土体内设置土钉并逐步开挖土体的一种支护技术, 在基坑工程中有着广泛的应用。土钉支护是由被加固土体、放置在其中的土钉体和喷射混凝土面层共同组成的一种挡土结构。其主要作用机理是充分利用原状土的自承能力, 把本来完全靠外加围护结构来支挡的被动土体, 通过土钉技术的加固使其本身成为一个复合的挡土

结构。天然土体通过土钉的加固并与喷射混凝土面层相结合, 共同抵抗支护后面传来的土压力和其它荷载, 保证了开挖面的稳定。土钉支护现已成为继撑式支护、排桩支护、连续墙支护和深层搅拌桩支护后又一项成熟的支护技术^[4-5]。

土钉支护技术与钢筋混凝土排桩支护及地下连续墙支护技术相比, 工程造价往往可以节约 1/3 甚至更多, 因此在基坑支护工程中具有独特优势, 具有较强的市场竞争力。目前关于土钉支护结构的理论计算尚不十分成熟, 限制了这一支护技术的推广应用^[6-8]。本文对郑州某深基坑工程采用的土钉支护方案进行了分析研究, 结果表明采取土钉支护方案是可行有效和科学的。

1 工程概况

郑州“曼哈顿广场”是中原崛起计划的重要组成

部分,规划建设 35 幢高层建筑,主要包括商场、办公楼、居民住宅等,致力于打造成省会标志性建筑群。C 区工程所在地位于郑州市金水路和未来大道的交汇处。拟建工程基坑长 98.4 m,宽 42.3 m,开挖深度为 9.2 m,基础形式采用桩基。基坑北侧和东侧为已建的六层住宅,西侧和南侧为两条主干道。

1.1 场地岩土工程条件

根据河南省建筑设计研究院所提供的《岩土工程勘察报告》,该建筑场区地貌单元为黄河冲洪积平原,地形平坦。开挖层内工程地质为:第①层杂填土:杂色,稍湿,稍密—中密,成分主要为砖块、水泥块等建筑垃圾,局部层底为素填土,厚度 0.4 m~3.0 m。第②层新近沉积粉土:褐黄色,湿,稍密,层底埋深 2.0 m~4.8 m,厚度 0.9 m~3.8 m。第③层新沉积粉质黏土夹粉土:褐黄—灰褐色,主要由粉质黏土组成,土质不均匀,局部与粉土互层。第④层新近沉积粉质黏土:褐黄—灰褐色,饱和,处于可塑至软塑状态,局部夹有粉土薄层。层底埋深 6.5 m~9.6,厚度 1.3 m~4.1 m。第⑤层粉土:褐灰色,湿,稍密—中密。层底埋深 9.1 m~12.3 m,厚度 1.0 m~4.3 m。各土层物理力学性质指标请见表 1 所示。

表 1 各土层物理力学指标

序号	土质类型	厚度 /m	内摩擦角/(°)	重度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	含水率 /%	黏聚力 /kPa
①	杂填土	0.4~3.0	24	21	7	15
②	粉土	0.9~3.8	16	20	14	19
③	粉质黏土	0.6~1.4	22	23	16	21
④	粉质黏土	1.3~4.1	20	21	25	28
⑤	粉土	1.0~4.3	18	19	23	20

1.2 水文地质条件

对本场地施工有影响的含水层主要有两个:上层的潜水和下部的承压水。潜水埋深在 15.5 m 以上,土层为弱透土层。承压水埋藏在地面下 18.3 m~30.8 m 之间,属强透土层,具有承压性。潜水与承压水被相对隔水层第 8 层粉质黏土隔开。勘察期间稳定水位为 0.7 m~2.8 m。

2 基坑支护方案

2.1 基坑支护的目的

基坑开挖破坏了天然土体自重应力场的平衡,土体会根据自身状态调整应力的分布,在这一过程中往往会使土体剪应力增大。如果剪应力大于土的抗剪强度,土体内部产生塑性破坏区。塑性区进一

步扩大形成连续滑裂面时,则引起边坡土体的失稳下滑^[9-12]。工程中常采用挡土结构支护防止土体的塑性破坏,其基本原理是依靠挡土结构自身的强度刚度及嵌埋深度形成抗衡力,支挡要下滑破坏的土体,从而为基坑内施工及周边安全稳定提供保障。

基坑支护设计与施工质量的好坏是整个工程能否顺利进行的关键,稍有不慎就可能影响后期工程的顺利进展,同时也会给周围建筑物的安全及周围居民的正常生活带来一定影响。在我国大规模工程建设的背景下,就曾经发生过基坑坍塌造成人员伤亡的事故,给社会生产生活带来巨大的损失,并造成了恶劣的社会影响。

2.2 基坑支护方案选取

基坑支护方案的选取应合理考虑基坑的尺寸形状、开挖深度、工程地质条件和环境条件等影响因素,在保证安全的同时并尽可能做到节省经济。目前深基坑工程支护结构的主要形式^[13-15]有内支撑(水平横撑、角撑、斜撑)、钢筋混凝土排桩和深层搅拌桩等形式。本基坑北侧和东侧分别为几栋民用住宅,南侧为一条市政道路,周边环境关系相对较为简单。经过技术经济综合比较分析,最终选取了土钉支护方案。土钉支护在本基坑工程中的突出优势主要表现为施工机具简单、投资造价节省、结构重量轻、施工速度快捷。其剖面布置如图 1 所示,前 3 道土钉长度均为 9 m,第 4 道 10 m,后 3 道 11 m,钢筋直径 120 mm,倾角 10°。

3 施工监测分析

基坑工程的现场监测是深基坑工程开挖施工过程中一个重要环节,通过开展现场监测可以达到安全施工的目的^[16-18]。《建筑地基基础设计规范》^[19](GB50007-2011)中规定:高等级基坑工程开挖过程中应根据设计要求进行监测,实施信息化施工。

3.1 测点埋设及观测方法

根据要求,在基坑周边沿建筑物墙壁(角)及道路外线埋设了 27 个沉降观测点,并沿基坑侧壁埋设了 4 条测斜管(见图 2)。沉降测点严格遵照国家二等水准测量标准,采用 Topcon 精密水准仪进行观测。水平位移测点采用 CX 系列数字显示测斜仪进行观测,测管埋深 15.2 m,每隔 1 m 提升探头测读一次。水准基点选取在拟建建筑物基础深度 3 倍以外的稳定场地上,其高程在首次观测之前由闭合水准测量确定。测斜孔则埋设在距离基坑周边 0.5 m 的位置。

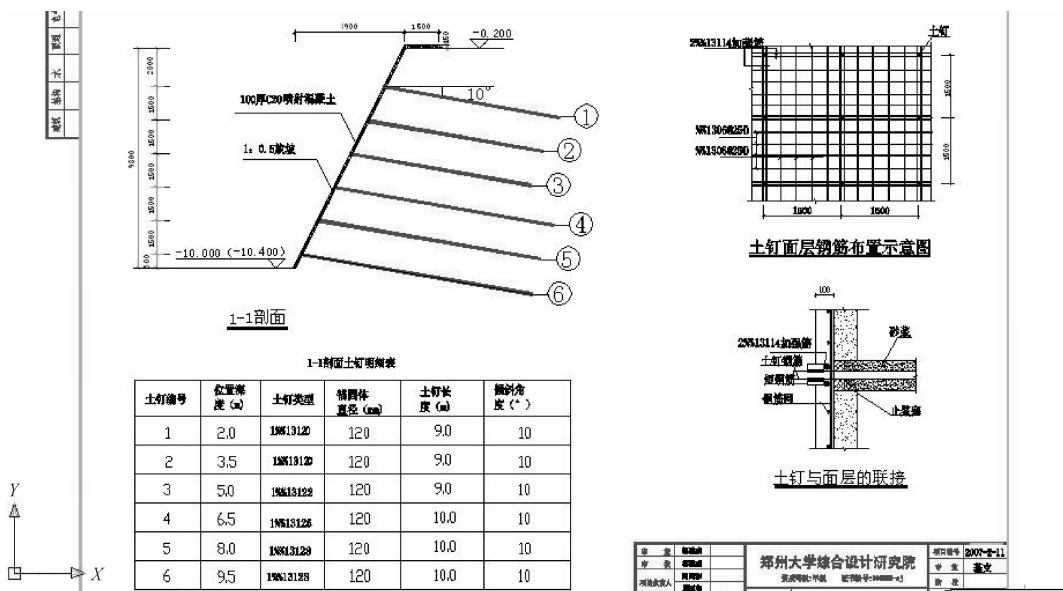
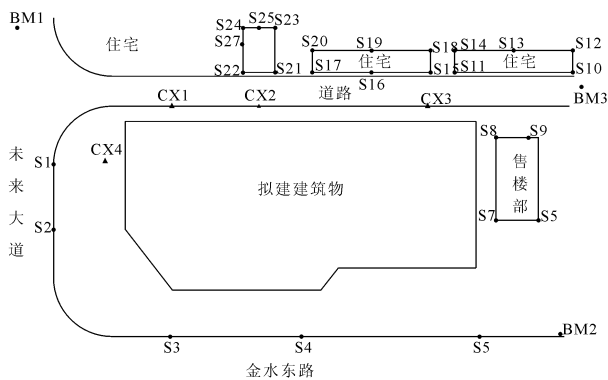


图 1 土钉支护剖面图



注: • 沉降监测点 • 测斜点

图 2 测点平面布置图

根据国家现行规范及行业标准,结合设计单位提出的具体要求,在降水之前安装观测点位,观测 3 次~4 次,取其中值作为基准值;在基坑开挖期间,根据工程进度每天观测一次;基底垫层施工完成后可降低监测频率至每 2 d~3 d 一次;基础底板浇筑完成后每两周观测一次;主体结构出地坪后终止观测。测斜次数可视基坑开挖情况而定,密集作业期间每天观测一次。数据处理严格按照中华人民共和国行业标准《建筑变形测量规程》^[20](JGJ/T 8-97)、

中华人民共和国国家标准《工程测量规范》^[21](GB50026-93)的相关规定执行。

3.2 监测成果分析

基坑开挖采取的是分层放坡开挖方式。由于该基坑工程面大线深,整个开挖过程持续了一个月左右。对基坑开挖过程中周边建筑物、道路及基坑侧壁水平位移等进行了全程监控量测。现场的实时监测表明,基坑周边道路和建筑物等沉降位移量不大,最大沉降位移不足 10 mm,最大水平位移约 2 mm,都控制在安全域以内,且变化趋势平缓,至基坑开挖完成后趋于稳定。基坑侧壁水平位移量也满足工程要求,说明土钉的群体作用,已与周围土体形成了一个坚固有效的组合体,土钉支护取得了明显的预期效果。选取两组有代表性的观测点位移发展趋势如图 3、图 4。

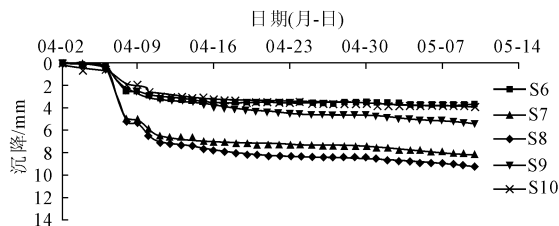
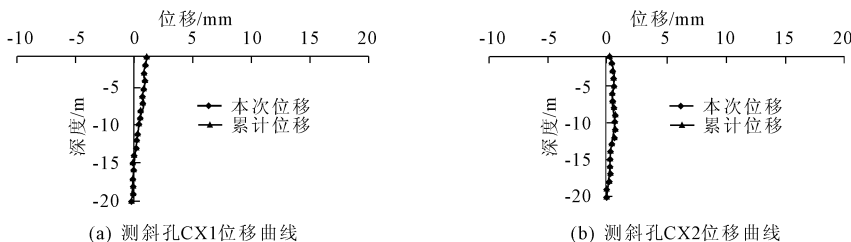


图 3 观测点沉降趋势图



(a) 测斜孔CX1位移曲线

(b) 测斜孔CX2位移曲线

图 4 水平位移观测点位移量

4 结 论

土钉支护技术具有施工机具简单、投资造价节省、结构重量轻便、施工速度快捷等优势。本基坑工程的顺利开挖及现场实时监测取得的沉降、水平位移资料均表明,此基坑工程选取的土钉支护方案是可行有效和科学的,完全满足工程要求。目前土钉及复合土钉支护结构在北京、上海、郑州等地已有许多成功的工程实例。在有一定黏性的砂土、粉土、硬塑与干硬黏土土层中,可优先考虑采取土钉支护技术。目前对于土钉支护结构的工作性能、工作机理、抗拔能力及整体稳定性验算等方面已经取得了许多明显的研究成果,有力地推动了这一支护技术在基坑工程中的推广和应用。而对于土钉支护的止水防渗、防锈蚀(耐久性)及抗震能力等方面仍需进一步加强研究,以促使这一技术不断完善和日臻成熟。

参考文献:

- [1] Kitazume M, Maruyama K. Collapse failure of group column type deep mixing improved ground under embankment[C]// Proceedings of the International Conference on Deep Mixing 2005. US: ASCE, 2005: 245-254.
- [2] Kitazume M, Okano K, Miyajima S. Centrifuge model tests on failure envelope of column type mixing method improved ground[J]. Soils and Foundations, 2000, 40(4): 43-55.
- [3] 刘松玉, 易耀林, 朱志铎. 双向搅拌桩加固高速公路软土地基现场对比试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(11): 2272-2280.
- [4] 郑 刚, 龚晓南, 谢永利, 等. 地基处理技术发展综述[J]. 土木工程学报, 2012, 45(2): 127-146.
- [5] 程万钊, 乐茂华, 王富永, 等. 混凝土芯砂石桩复合地基加固堤防软基试验研究[J]. 水利学报, 2007(S1): 675-680.
- [6] 闻世强, 陈育民, 丁选明, 等. 路堤下浆固碎石桩复合地基现场试验研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(5): 1559-1563.
- [7] 周 健, 姚 浩, 贾敏才. 大面积软弱地基浅层处理技术研究[J]. 岩土力学, 2005, 26(10): 1685-1688.
- [8] 中华人民共和国行业标准编写组. JTJ240—97 港口工程地质勘察规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [9] 张 军, 郑俊杰, 马 强. 路堤荷载下双向增强体复合地基受力机理研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 29(9): 1392-1398.
- [10] 赵 伟. 客运专线桩-网复合地基现场试验研究与数值分析[D]. 长沙: 中南大学, 2008: 23-36.
- [11] Kitazume M, Maruyama K. Collapse failure of group column type deep mixing improved ground under embankment[C]// Proceedings of the International Conference on Deep Mixing 2005. US: ASCE, 2005: 245-254.
- [12] Kitazume M, Okano K, Miyajima S. Centrifuge model tests on failure envelope of column type mixing method improved ground[J]. Soils and Foundations, 2000, 40(4): 43-55.
- [13] 何长军, 王 慧, 荣 杰. 滨海软土地基深基坑支护方案设计与优化分析[J]. 工业建筑, 2013, 43(S1): 555-559.
- [14] 何世秀, 吴刚刚, 朱志政. 深基坑支护设计影响因素的有限元分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(S): 5478-5484.
- [15] 孙树林, 吴绍明, 裴洪军. 多层支撑深基坑变形数值模拟正交试验设计研究[J]. 岩土力学, 2005, 26(11): 1771-1774.
- [16] 刘 润, 闫 玥, 闫澍旺. 支撑位置对基坑整体稳定性的影响[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(1): 174-178.
- [17] 刘井学, 陈有亮, 陈剑亮. 某深基坑开挖的三维有限元模拟与分析[J]. 建筑结构, 2007, 37(6): 66-68.
- [18] 金雪莲, 樊有维, 李春忠, 等. 带撑式基坑支护结构变形影响因素分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(S): 3242-3249.
- [19] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基基础设计规范: GB50007—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [20] 中华人民共和国建设部. 建筑变形测量规程: JGJ/T 8—97[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [21] 中华人民共和国建设部. 工程测量规范: GB50026—93[S]. 北京: 中国计划出版社, 1993.