

复合土钉墙支护技术在某大型软土基坑围护中的应用

杜常春, 章泽军, 李 飞, 周喜锋
(浙江省工程勘察院, 浙江 宁波 315010)

摘 要 根据拟建建筑基坑的工程地质条件、周边环境条件、基坑开挖深度等特点综合考虑,对基坑分段采用超前微型桩支护加土钉墙、放坡加土钉墙 2 种复合支护方案。实践证明,该工程所采用的多种复合式支护实施方案,技术安全可靠,经济合理。

关键词 :复合土钉墙 ;软土地基 ;大型基坑 ;超前微型桩支护加土钉墙 ;放坡加土钉墙

中图分类号 :TU473.2 文献标识码 :B 文章编号 :1672 - 7428 (2006)02 - 0026 - 04

The Application of Composite Soil-nailing Technique for a Big Foundation Pit Support/DU Chang-chun, ZHANG Ze-jun, LI Fei, ZHOU Xi-feng (Zhejiang Engineering Investigation Institute, Ningbo Zhejiang 315010, China)

Abstract :Based on the characteristics of the engineering geological condition, the peripheral environmental condition, and the foundation pit's depth, the foundation pit was dealt with the composite support plan of mini-pile support in advance with soil - nailing wall and slope with soil - nailing wall in partition. The composite support plans of the engineer are safe and economical. They can provide important reference to solving the problems of similar engineering design.

Key words :composite soil-nailing wall ;soft-clay foundation ;big foundation pits ;mini-pile support in advance with soil-nailing ;slope with soil-nailing wall

土钉技术在我国应用始于 20 世纪 80 年代初,由于它具有材料用量少、施工速度快、安全可靠、经济等优点,目前该项技术在高层建筑的基坑开挖中得到愈来愈多地应用。但由于土钉支护有它的局限性,在软土、流塑粘性土、松散的砂土以及有丰富地下水源的情况下不能单独使用,必须与其它的土体加固支护方法相结合使用(我们称之为“复合土钉墙”)。

1 工程概况

嘉兴某工程由地上 6 栋 13 ~ 26 层商务楼及 1 ~ 3 层裙房组成,各建筑物及建筑物间均设 1 层地下室,为人防兼地下车库。基坑开挖范围为 98.7 m × 196.4 m,开挖深度为 5.10 m 和 4.30 m,该基坑开挖范围大,位于市中心区,周围环境复杂,四周道路、地下管线及现有建筑密布,南距中山路 10.0 m、北侧紧邻西门横街、东侧距县前街 8.0 m、西临嘉兴宾馆为 6.5 m,具体位置见图 1。基坑周围道路车辆较多,动荷载较大。

根据现场地质勘察结果,在基坑开挖深度及影响范围内,主要地基土的组成自上而下为:杂填土,

粉质粘土,淤泥质粘土,粘土。场地地下水位埋深在 1.50 m 左右。场地各主要地基土力学指标见表 1。

表 1 场地各主要地基土力学指标

层序	岩土名称	地基土层一般厚度/m	天然重度/(kN·m ⁻³)	内聚力 c/kPa	内摩擦角 φ/(°)
①	填土	2.0 ~ 3.0	18.0	10.0	15.0
②	粉质粘土	0.0 ~ 1.5	19.1	20.0	12.0
③	淤泥质粘土	3.0 ~ 4.0	17.5	13.0	8.0
④	粘土	2.5 ~ 3.5	19.5	30.0	16.0

2 支护方案选择

根据结构设计和建设单位的要求,本工程基坑支护设计必须满足以下条件:(1)保证边坡的安全与稳定;(2)保证边坡的水平及垂直位移不得危及周围建筑物和道路的安全及正常使用;(3)因与周边建筑和马路较近,支护后,必须为基础底板施工提供足够的工作面;(4)经济、快速。

本基坑开挖深度为 5.10 m 与 4.30 m,根据场地工程地质及水文地质条件可以考虑的支护方案大体有 4 种。

第一种方案为无支护放坡大开挖方案。但在软地基中,表层分布有较厚的填土及淤泥质土层,淤泥

收稿日期 2005 - 12 - 10
作者简介 杜常春(1974 -),男(汉族),四川广安人,浙江省工程勘察院注册岩土工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程勘察设计、咨询与施工管理工作,浙江省嘉兴市越秀北路 1108 号浙江省工程勘察院嘉兴分院(314000), (0573) 2180770、13757325102, zgkdcc@21cn.com ; 章泽军(1967 -),男(汉族),浙江人,浙江省工程勘察院嘉兴分院总工程师、高级工程师、注册岩土工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程咨询、勘察设计与施工管理工作。

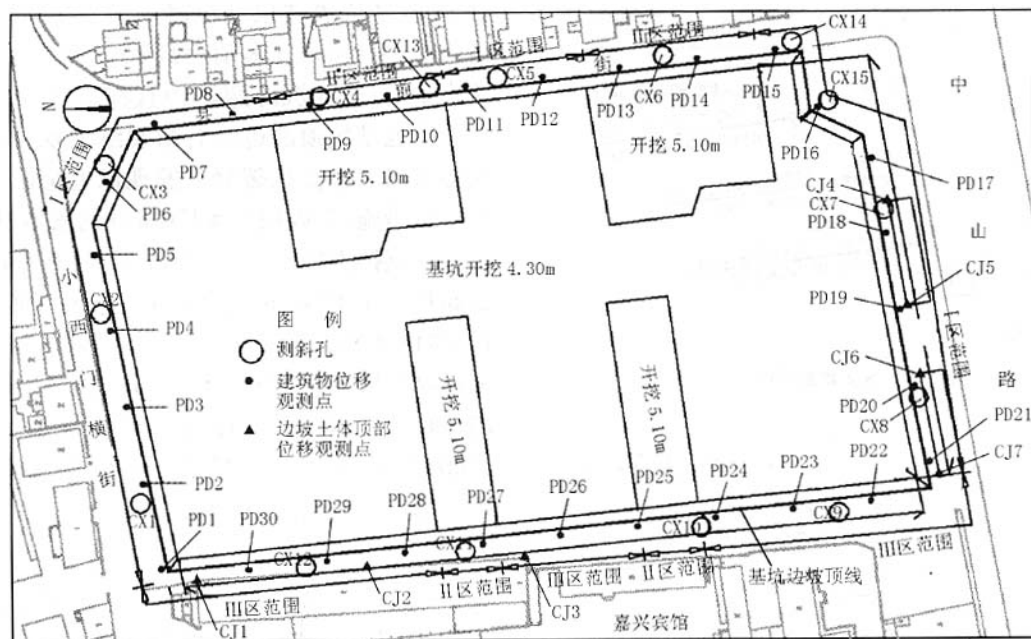


图1 基坑支护平面图

质土含水量在 45% 左右,强度低,是欠固结土层,不采用支护而开挖 5.0 m 深坑,实际是很难施工的。由于无支护大开挖将会影响周围邻近建筑物,道路及各种管道会变形,因而此方案是不可取的,也是很难实现的。

第二种方案是采用沉管灌注桩作为支护排桩,桩顶设置帽梁,并设内支撑。此方案从技术上是可行的,但结合本工程的特点,地表下约 11.0 ~ 17.0 m 为软土层,性质差,支护桩长度一般要穿过此层,所以桩长要大于 17.0 m,再加上钢筋混凝土帽梁及内支撑,因而造价很高,对于本基坑工程明显是不经济的。

第三种方案是水泥搅拌桩帷幕墙加土钉墙的复合支护方案,该围护方案在技术上是可行的,在本地区基坑开挖范围内有较强的透水地层中比较常用,但结合本工程的特点,显得不够经济。

第四种方案是根据本基坑开挖深度、地质条件、周围环境条件的不同,分区采用放坡加土钉墙、微型桩超前支护加土钉墙的复合土钉墙支护方案。考虑到该场地淤泥质土属弱透水地层,基坑开挖范围内没有强透水层,地下水控制问题并不突出,基坑排水采用坑底明沟集水井排水法。采用微型桩代替上述水泥搅拌桩作为超前支护结构是可行的,微型桩采用松木桩,经济且可回收再利用。此方案考虑了现状条件的不同,从技术经济条件分析是比较合理的,复合土钉墙要满足稳定性、强度及变形要求,经多次试算,各项指标能达到设计要求,因而确定为终选方案。

案。

3 基坑支护设计

支护设计根据施工现场条件和施工经验,进行土钉抗拉强度验算、抗拔力验算、支护的内部和外部整体稳定性计算,得出整体稳定安全系数、抗滑移安全系数、抗隆起安全系数均满足规范要求。

根据基坑开挖深度以及周围环境条件,本基坑土钉支护主要分为 3 个支护区。

I 区 该区基坑开挖深度为 4.30 m 且周边场地相对较开阔,基坑离四周道路在 10.0 m 左右,该区主要分布在基坑的北侧与南侧,该区段采用放坡加土钉墙的复合支护方案。按 1: 0.6 ~ 1: 0.7 放坡,沿竖直方向设置 3 排土钉,上两排土钉为直径 48 mm 的钢管,第三排土钉为直径 22 mm 的 II 级钢筋,水平间距 1.0 m,竖直间距 1.2 m,梅花形布置,面层混凝土厚 100 mm,内配直径 6.5 mm、间距 200 mm × 200 mm 钢筋网,见图 2。

II 区 该区基坑开挖 5.10 m,采用微型桩(松木桩)超前支护、放坡加土钉墙的复合支护方案。沿竖直方向设置 4 排土钉,上两排土钉为直径 48 mm 的钢管,水平间距 1.0 m,竖直间距 1.2 m;下两排土钉为直径 22 mm 的 II 级钢筋,水平间距 1.0 m,竖直间距 1.1 m。施工至相应标高后先打设松木桩作为超前支护,松木桩梢径应大于 120 mm,水平间距 400 mm,长度 6.0 m。其余同上,见图 3。

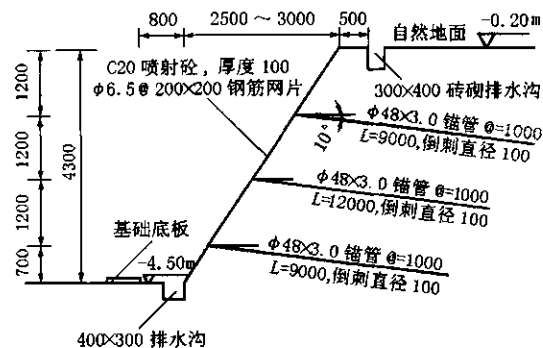


图2 I区支护剖面图

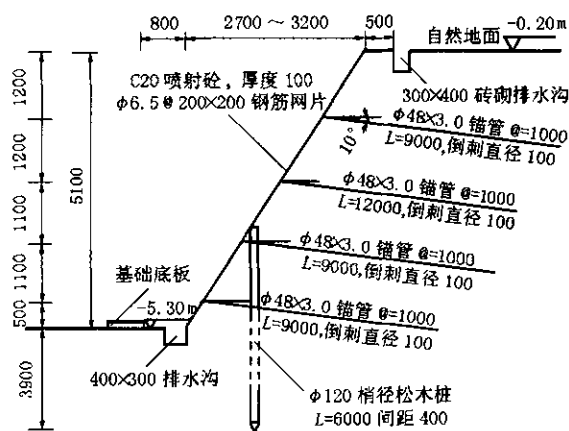


图3 II区支护剖面图

Ⅲ区:该区基坑开挖深度4.30m,边缘离现有建筑较近,在6.5m左右,为确保现有建筑(基础形式为浅基础)的安全,围护方案采用微型桩(松木桩)超前支护、放坡加土钉墙的复合支护方案。沿竖直方向设置3排土钉,其余同I区,见图4。

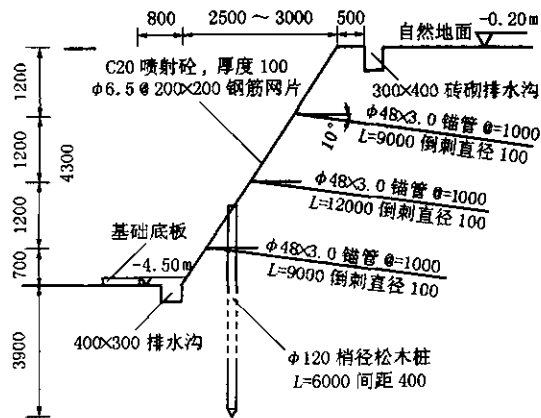


图4 III区支护剖面图

4 基坑监测及应急处理

在地下室施工期间对基坑进行监测,监测内容主要包括地表沉降观测、邻近建筑沉降观测和深层土体水平位移观测。监测结果显示,在2004年10

月28日基坑边坡顶部沉降观测点PD15累计沉降超过了35.0mm报警值(见图5)在此之前,从沉降速率来看,该处沉降速率一直在4.0mm/d左右徘徊。该处基坑顶部边缘有微裂缝出现,坑壁面层混凝土也出现轻微拉裂缝。发现以上情况后,立即采取应急措施,先以梢径>120mm的松木桩在该处基坑底部支撑支挡土体,并每隔0.5~0.6m间距,用长6.0m、直径48mm的钢管进行土钉加密,同时增设CX14、CX15测斜点进行深部土体位移观测,后根据监测结果分析(见图5、图6),裂缝产生后,很快趋于收敛,虽有变形但已很微小。在基坑开挖期间(2004年6月25日~2005年1月11日),其它各监测点都在规范允许范围内。

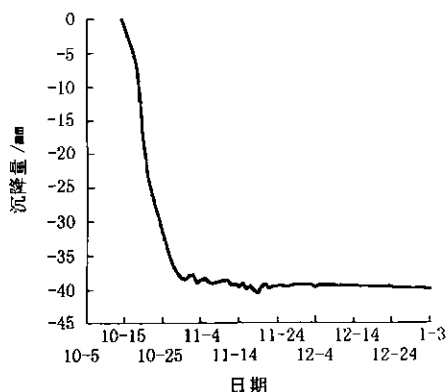


图5 沉降观测点PD15累计沉降曲线

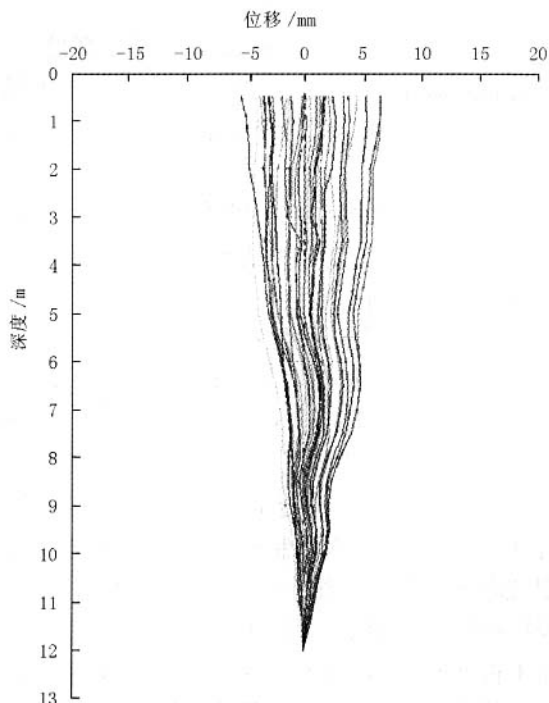


图6 CX15点的深度-位移曲线图

5 分析

(1)超前支护微型桩的作用是减少施工分层开挖中的土体侧向变形、支撑喷射混凝土面层重力的垂直分力,加固坑底被动区土体以及改善支护整体稳定性。放坡是减少基坑壁的滑动分力,同时解决坑壁土体的自立问题。

(2)对于本工程虽然上部土层含水量高,基坑侧壁土体较软,有轻微开裂滑移现象,但由于基底根部土体相对较好且有超前松木桩加固支护,使锚固深度以内的破坏面无法向下开展,有效控制了基坑底部土体向上隆起,使得整个支护连同土体沿圆弧破坏面失稳的可能性减小。

(3)产生裂缝的位置地势相对较低,产生裂缝前连下 2 天暴雨,该处基坑壁渗流对土体的动水力作用外,还会影响土的力学性状,使土颗粒间产生移动或错位,其对土的抗剪强度也减小,即内摩擦角和内聚力减小。该处的滑动力(动水力)增大,而土体的抗滑力(抗剪强度)却减小,致使该处土体产生滑移。

6 体会

(1)大型或超大型基坑的开挖深度、周边环境条件以及地基土层的分布往往不尽相同,基坑围护方案不能一刀切,应多种支(围)护方式并存,在时间和空间上进行优化配置,可以节约成本,提高效益。该工程基坑围护经历了暴雨等恶劣天气及时间的考验,效果较好。在本地区同类工程中值得推广。

(2)复合土钉支护技术作为新兴工艺用于软土地基基坑中时间还比较短,人们对其了解和掌握仍

(上接第 25 页)

4 有待解决的问题

由于本文介绍的简易计算方法刚刚完成,还没经过实践验证,有很多不足,以下是一些未解决的或有待解决的问题。

(1) m 法建立在地基反力系数随深度线性变化的基本假定基础上,这个假定是否接近工程实际有待验证。

(2)墙后土压力仍按郎肯主动土压力来考虑有待改进,墙前、墙后均按土弹簧考虑比较符合实际,但求解非常困难。

(3) m 值的取值问题。现行规范规定:在无经验地区或缺乏经验地区, m 值按坑底面位移量 10

不是很全面,这就对此支护形式的设计和施工提出了更高的要求,设计一定要严密合理,准确把握规范所要求的安全系数,全面考虑各种实际因素,而施工更应严格遵循规范和设计要求,并在施工中结合实际情况灵活合理地运用不同施工工艺。

(3)在基坑的围护设计与施工过程中,由于地质条件、荷载条件、材料性质、施工条件和外界其他条件的复杂影响,而且,基于当前土压力计算理论和边坡计算模型的局限性,很难单纯从理论上预测工程中可能遇到的问题。所以在基坑的开挖施工中,对支护结构、基坑邻近建筑物、地下管线以及周围土体等在理论分析指导下有计划的监测,以此监测数据为依据,对基坑支护进行动态设计,在出现不利情况时,能迅速发现并加以控制,使之在未对基坑产生重大破坏之前得以排除。

参考文献

[1] 刘建航,等. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
[2] CECA96 97, 基坑土钉支护技术规程[S].
[3] JGJ 120-99. 建筑基坑支护技术规程[S].
[4] 许光宇,袁培中,等. 复合土钉墙在软土地基中应用[J]. 港工技术,2002,(2).
[5] 刘广胜,赵维炳. 基坑施工中渗流对抗剪强度的影响[J]. 水利水运科学研究,2000,(1).
[6] 沙克非. 深基坑支护侧壁变形的控制与监测分析[J]. 科技情报开发与经济,2001,(2).
[7] 刘玉海,夏朝辉,等. 深层搅拌桩用于 7 m 深基坑支护工程实践[J]. 建筑技术,1995,(3).
[8] 杨绍祺,吴传清. 喷锚支护及土钉墙技术在中山地区软土基坑工程中的应用[J]. 岩土工程界,2001,(8).

mm 来确定,而目前在软土地区,坑底位移一般有 40 ~ 60 mm。因而 m 取值与坑底面位移之间的关系有待进一步研究。

(4)位移计算结果与实际偏小很多,位移模式有待调整。

(5)在考虑基坑开挖面以下侧向水平荷载时,弯矩值及支撑轴力计算经验公式有待改进。

参考文献:

[1] JGJ 120-99, 建筑基坑支护技术规程[S].
[2] 编写组. 桩基工程手册[M], 北京:中国建筑工业出版社,1997.
[3] 编写组. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.