

沿江软土地区深基坑工程实例研究

王宁伟 韩旭 朱峰

(沈阳建筑大学土木工程学院, 辽宁沈阳 110168)

【摘要】 以丹东深基坑支护工程实例为背景,对沿江软土地区基坑支护工程的难点进行分析,介绍本次丹东水游城支护工程中使用咬合桩的原因,讲解钻孔咬合桩的优势特点、施工工艺,通过现场位移监测数据分析咬合桩的支护效果。

【关键词】 临江;软土;深基坑;咬合桩;监测数据

【中图分类号】 TV 551.4

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2014.03.009

Study of Soft Soil Deep Excavation Case by the River

Wang Ningwei Han Xu Zhu Feng

(School of Civil Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, Liaoning, China)

【Abstract】 To the Dandong deep foundation pit engineering background, difficulties in the area of soft soil foundation pit are analyzed. This paper introduces the causes of secant pile using the Dandong Aqua City support engineering, and explain the advantages, bored pile construction process, and the displacement monitoring data of field analysis secant pile supporting effect.

【Key words】 riverfront; soft soil; deep foundation pit; cast-in-place pile; monitoring data

0 引言

20 世纪 90 年代以来,我国城市化进程逐步加快,随之也带动了深基坑工程的发展^[1-2]。随着地下工程建设规模的扩大和密度的提高,面临的技术挑战和施工风险也越来越大,特别是辽宁省丹东市这类沿江、近海的软土地区,由于其地质环境极脆弱敏感,建设难度剧增^[3]。对于软土基坑的支护,国内有很多成功实例,卢晓明^[4]以 SMW 工法在软土基坑支护中的成功应用为基础,提供了较详细的 SMW 工法设计计算方法。

咬合桩作为一种新型支护形式于 20 世纪 70 年代引入我国,被广泛应用于天津、广州及深圳等软土地区。王安龙^[5]、张中安^[6]以深圳地铁一期工程为例,详细介绍了咬合桩的设计、施工、特殊状况的处理等问题。李昌宁^[7]根据杭州地铁秋涛路站提出了利用套管配合旋挖钻机成孔来解决桩体垂直度的方案并实施,取得了成功。沈保汉^[8]通过采用套管施工的钻孔咬合桩的施工工艺及效果对比得出其优势和特点。

本文以丹东鹏达水游城深基坑工程为实例,介绍钻孔咬合桩在地下水丰富地区的施工经验及

基坑变形规律,为今后的支护工程提供更多的选择方案。

1 工程概况

丹东鹏欣水游城项目位于丹东市振兴区春三路与锦山大街交汇处,是连接丹东新老城区的纽带,也是丹东最具发展潜力的商业中心。丹东水游城占地面积约 2.8 万 m²,总建筑面积约 28 万 m²,地上共有 6 层商业区,是一个集商务公馆、公寓、商业街、购物公园为一体的大型商业综合体项目。

水游城处于市中心位置,四周环绕着交通道路、住宅小区、宾馆、办公楼、医院、学校、商业街等城市公共设施。水游城所处位置的地质条件一般,在现有钻探深度范围内地层依次为①杂填土、②粉质粘土-1、③粉质粘土-2、④圆砾、⑤全风化变粒岩、⑥强风化变粒岩、⑦中等风化变粒岩,其中粉质粘土层厚度为 6.3~10.1 m。地下水主要为赋存于砾砂层和圆砾层中的孔隙潜水,具一定承压性。地下水与地表水联系密切,由于鸭绿江水位受潮汐影响较大,地下水位埋深受潮汐影响较大。勘察期间勘探深度内地下水稳定水位埋深 0.7~4 m(勘探孔口标高算起)。

2 支护方案设计

由于施工项目位于丹东市中心地带,周围遍布道路、小区等重点保护设施,所以对基坑开挖导致周围环境的影响要求很严格。本项目地下室结构为2层,局部3层,基坑开挖最大深度为自然地面下12.5 m,场地距离鸭绿江很近,存在地下水补给快、渗透性大、容易发生管涌等不良地质情况。目前国内的软土地区基坑支护方式有很多。如SMW工法、钻孔灌注桩结合高压旋喷桩以及地下连续墙等。本基坑支护设计方案经过多个方面考虑,最终决定采取钻孔咬合桩结合锚索支护方案。

咬合桩是平面布置的排桩,相邻的桩体互相咬合,形成一排既能够挡土,又能够挡水的钢筋混凝土“挡墙”。本工程的咬合桩采用素混凝土桩与钢筋混凝土桩相互咬合的方式,这种支护形式一方面能够最大化地保护周围建筑物及道路的安全,另一方面,咬合桩的挡水作用是其他支护形式无法替代的,因为本工程位于鸭绿江附近,地下水互补明显,采用咬合桩可以阻止基坑外侧地下水向基坑内渗流。经过严格的设计计算,咬合桩中钢筋混凝土桩径800 mm,桩长18 m左右不等,素混凝土桩桩径600 mm,桩长18 m左右,咬合200 mm,设置三道锚索,冠梁宽800 mm。

如何确定钻孔咬合桩的咬合厚度是设计过程中的一个重点内容:经验上通常保证咬合厚度为桩径的20%左右,在《建筑基坑支护技术规范》^[9](JGJ 120—2012)中说明相邻桩咬合不宜小于200 mm。王迎群的《钻孔咬合桩在软土基坑围护中的应用》^[10]中提到了咬合厚度的计算公式:

$$d - 2(kl + q) \geq 50 \text{ mm}$$

式中: l 为桩长,mm; k 为桩的垂直度; q 为孔口定位误差容许值,mm; d 为钻孔咬合桩的设计咬合厚度,mm;

上式表明,桩底的最小咬合长度不小于50 mm。

3 咬合桩施工工艺

丹东地质构造相对于南方地区较好,故本次咬合桩施工并没有采用振动式套管钻机,而是采用普通的旋挖钻机,这种施工方案适合施工技术一般的队伍采用,支护效果也能够满足北方地区基坑工程。钢筋混凝土桩采用C30混凝土,因为素混凝土桩在基坑开挖之后只是起到协同钢筋混凝土桩的挡土作用,它的主要作用在于挡水,所以素混凝土桩只要采用C15的超缓凝混凝土,其初凝时间宜控制在40~70 h,这样做既保证咬合桩的支护效果又节约了施

工成本。

本工程咬合桩是按先施工素混凝土桩、后施工钢筋混凝土桩的施工原则进行的。咬合桩具体施工的顺序是先施工素混凝土桩(B桩),后施工钢筋混凝土桩(A桩),其施工流程为B1→B2→A1→B3→A2……咬合桩施工流程见图1。

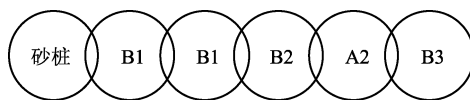


图1 咬合桩施工工艺流程图

在咬合桩施工时,主要有以下3个问题需要注意:

1) 桩体不能无休止连续施工,导致每天第一根与前一天最后一根桩咬合效果不好。

2) 在施工时常常发生钢筋混凝土桩在钻孔后两侧的素混凝土桩发生管涌,C15混凝土流入刚挖好的钢筋混凝土桩孔内,这样会导致素混凝土桩的桩体破坏,丧失挡水作用。

3) 咬合桩的施工过程中没有注意桩身的垂直度问题,出现了“歪桩”的情况,影响挡水及支护效果。

对于以上问题,可以按照如下方法解决:

1) 严格控制素混凝土桩与钢筋混凝土桩之间的施工连续性,防止素混凝土桩凝固造成无法咬合,但也不要素混凝土桩刚浇筑后就马上切割。关于第二天如何与前一天的桩咬合的问题,可以利用机械钻孔后与素混凝土桩形成咬合面,将人工土填入孔内,保持素桩咬合面的完整。在第二天施工时将土挖出,下放钢筋笼,灌注混凝土后就可以与前一天的素混凝土桩体咬合。

2) 对于素混凝土桩中的混凝土管涌问题,主要有两个方面需要注意。第一个是控制素混凝土的坍落度,确保不能大于14 cm,这样可以控制混凝土的流动性。第二个是在钢筋混凝土桩施工过程中观察素混凝土桩的桩头是否发生下陷,一旦发生,应立即停止施工,向正在施工的钢筋混凝土桩孔内填土或注入素混凝土,直到“管涌”停止。

3) 《建筑基坑支护技术规范》^[9](JGJ 120—2012)中要求桩体垂直度偏差很小。每根桩成孔过程中,应自始至终进行桩身垂直度检测,不得中断,以达到咬合桩成孔精度的要求。施工中,若发现有偏差时应及时纠偏调整。见图2。

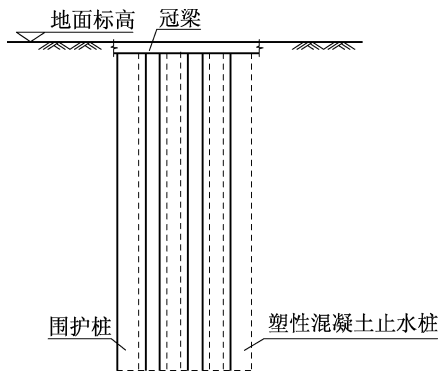


图2 咬合桩成果剖面图

4 支护效果分析

依据《建筑基坑工程检测技术规范》^[1](GB 50497—2009),本工程属于一级基坑工程,以下主要列举4类监测数据进行分析,分别是支护结构挡水分析、支护结构水平位移、支护结构竖直位移、基坑周边建筑物及主要道路沉降。

丹东地区属于沿江地区,每天在潮汐作用下地下水水位变化很大,从图3可以看出,基坑土方开挖至基底后,发现钻孔咬合灌注桩的围护效果比较理想,桩体完整度高,基坑底部较为干燥,地下水渗入量很小,发挥出了咬合桩的挡水特色。



图3 咬合桩施工成果图

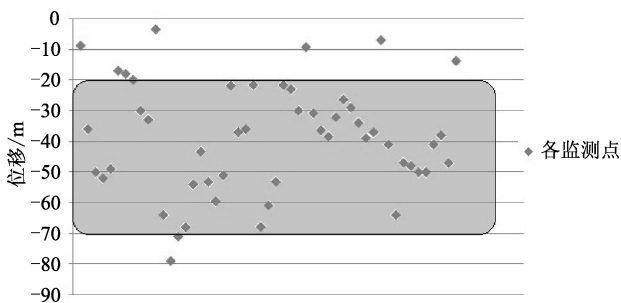


图4 基坑支护结构水平位移监测

从图4中可以看出,约75%的监测点的变形值集中在阴影处(20~60 mm),阴影部分以上的监测点占14%,阴影以下的监测点占11%,按照基坑工程监测技术规范的要求,本基坑属于一级基坑,虽然多数监测点的水平位移已经超过了规范要求的安全

范围,但综合以下3点原因考虑:

1)本基坑因为特殊原因大大延长了支护结构的使用时间。

2)丹东水资源丰富,加大了冬季冻土效应的影响。

3)基坑的变形速率非常小,没有位移突然变大的情况存在,每天的位移速率符合规范要求。

我们认为本基坑的水平位移属于安全范围内。

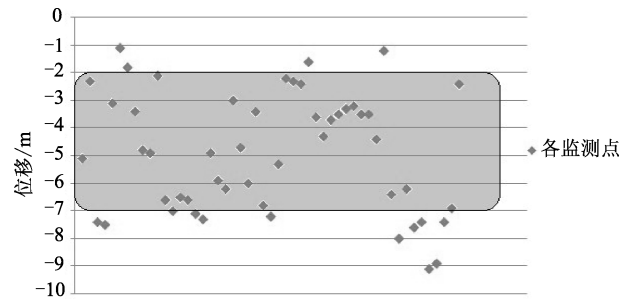


图5 基坑支护结构竖直位移监测

从图5中可以看出,约78%的监测点的沉降变形值集中在阴影处(2~7 mm),阴影部分以上的监测点占17%,阴影以下的监测点占5%,按照基坑工程监测技术规范的要求,本基坑属于一级基坑,多数监测点的竖直位移符合规范要求的安全范围。竖直监测点的位移多数集中在一个范围内,而且位移量不大,这个现象主要是因为桩体之间互相咬合而且桩顶处冠梁存在。

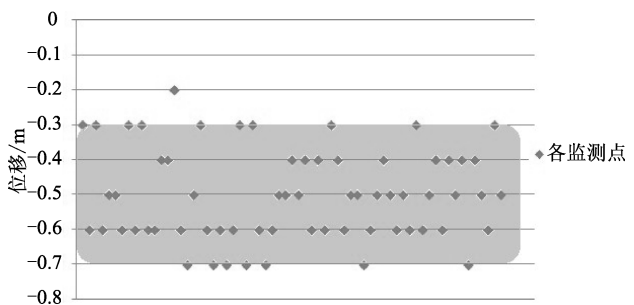


图6 基坑周边建筑物及主要道路沉降监测

从图6中可以看出,约96%的监测点的沉降变形值集中在阴影处(0.3~0.7 mm),阴影部分以上的监测点占4%,按照基坑工程监测技术规范的要求,本基坑属于一级基坑,所有监测点的沉降位移符合规范要求的安全范围。

5 结语

本文通过丹东水游城项目的基坑支护工程实例,阐述了咬合桩在东北地下水丰富地区的适用性和施工技巧,丰富了设计人员在地下水位高的软土

地区的支护结构的选择种类。咬合桩作为一种新兴的支护形式在东北地区推广,它的优势在于施工工艺单一、挡水效果突出、同时支护效果极好,但作为临时支护结构,它的造价相对较高。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准 . GB 50010—2002 混凝土结构设计[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 刘建航,候学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [3] 黄茂松. 软土地下工程与深基坑研究进展[J]. 土木工程学报,2012(45):146-161.
- [4] 卢晓明. SMW 工法在软土基坑支护工程中的应用[J]. 岩土工程界,2008(12):75-77.
- [5] 王安龙. 钻孔咬合桩——地铁工程维护结构新形式[J]. 铁道工程学报,2003(1):53-59.

- [6] 张中安. 钻孔咬合桩在深圳地铁会购区间施工中的应用[J]. 西部探矿工程,2003(2):133-134.
- [7] 李昌宁. 杭州地铁车站深基坑围护结构——钻孔咬合桩的施工[J]. 岩土工程界,2004(1):44-46.
- [8] 沈保汉. 非挤土灌注桩的施工,桩基工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1995.
- [9] 中华人民共和国行业标准 . JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2012.
- [10] 王迎群. 钻孔咬合桩在软土基坑围护中的应用[J]. 福建建筑,2011(155):58-60.
- [11] 中华人民共和国国家标准 . GB 50497—2009 建筑基坑工程检测技术规范[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2009.

收稿日期:2013-11-11

(上接第 116 页)

由图 8 可知,计算所得的土钉力与实测结果有一致的变化规律,即基坑中部土钉受力最大,上、下部的土钉受力最小与实际结果较为接近,说明基于增量法的土钉内力简化计算方法符合工程实际。常规的规范计算方法在基坑上部低估了作用在土钉上的力,使得设计偏于不安全,而在基坑下部高估了土钉承担的力,使得设计又偏于保守。

4 结 论

本文简要地讨论了土钉墙的研究现状,因为在土钉内力、土钉位移、钉-土相互作用以及面层压力等问题上,该领域理论研究尚不成熟。

笔者着重对土钉内力的计算方法进行了总结,基于《建筑基坑支护技术规程》方法虽然较为简单,使用方便,但是这种方法计算出来的土钉力沿基坑深度逐渐增大,与实际土钉力的分布形状不一致;基于《基坑土钉技术规程》是一种较为优化的简化计算方法,但是该经验简化计算模式难以考虑不同土工问题的土压力分布规律,也存在一定的局限性;基于动态施工过程的增量法内力简化计算方法,能较为合理地考虑基坑施工过程对土钉内力的影响,并较为简单地将施工过程对层土钉内力的影响定量化,从而为合理确定土钉长度及截面积等提供了较为可靠的依据。

参 考 文 献

- [1] 曹建广. 基坑土钉支护技术事故初探 [J]. 土工基

础,2010,24(3): 14-15.

- [2] 吴忠诚,汤连生,刘晓纲,等. 复合土钉墙大型现场测试及变形性状分析研究 [J]. 岩石力学与工程学报,2007,26(增1): 2974-2980.
- [3] 庞晓明,沈水龙,许焯霜. 复合土钉支护基坑的工程实例分析 [J]. 岩土工程学报,2006,28(增刊): 1838-1841.
- [4] 苏立君,廖红建,殷建华. 土钉抗拔试验过程中钉周土体应力变化研究 [J]. 岩土力学,2011,32(增刊1): 124-128.
- [5] 郭红仙,宋二祥,陈肇元. 土钉支护施工阶段土钉轴力的计算分析 [J]. 岩土力学,2008,29(9): 2463-2468.
- [6] 郭院成,秦会来,李峰. 土钉支护中土钉力的计算方法 [J]. 岩土工程学报,2006,28(增刊): 1513-1516.
- [7] 贾金青,张明聚. 深基坑土钉支护现场测试分析研究 [J]. 岩土力学,2003,24(3): 413-416.
- [8] 中华人民共和国行业标准 . JGJ 120—1999 建筑基坑支护技术规程 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [9] 中国工程建设标准化协会标准 . CECS 96:97 基坑土钉支护技术规程 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [10] 杨光华,黄宏伟. 基坑支护土钉力的简化增量算法 [J]. 岩土力学,2004,25(1): 15-19.

收稿日期:2013-12-19