

排桩冻结法深基坑排桩监测水平位移校正模型

袁宝远¹, 王江¹, 朱文白², 吕建红¹, 任丽芳¹

(1. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏 镇江 212000)

摘要: 对润扬大桥南锚碇排桩冻结法深基坑, 通过孔内测斜对排桩水平位移进行监测, 监测过程中发现由于冻结和孔底端部位移造成排桩测斜数据有较大误差, 必须建立有效的位移校正方法对排桩测斜数据进行校正。数据分析表明, 通过压顶梁水平位移不能校正排桩水平位移测斜数据误差, 而利用支撑位置位移校正排桩测斜水平位移误差是可行的。通过第一道支撑位置支撑轴力和温度参数对排桩水平位移进行校正, 得到排桩水平位移校正模型。利用已有的监测数据, 对排桩水平位移校正模型从两方面进行了验证, 结果表明, 校正模型的建立为基坑反演分析和基坑稳定性预测预报提供了较准确的排桩水平位移监测数据。

关键词: 润扬大桥; 排桩冻结法; 基坑监测; 水平位移; 校正模型

中图分类号: TU433 文献标识码: B 文章编号: 1006-7647(2006)06-0058-04

Rectification model for horizontal displacement monitoring of piles to support deep foundation pits with frozen ground//
YAUN Bao-yuan¹, WANG Jiang¹, ZHU Wen-bai², L Jian-hong¹, REN Li-fang¹(1. College of Civil Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Construction Headquarters of Yangtze River Highway Bridge of Jiangsu Province, Zhenjiang 212000, China)

Abstract : The pile-supported deep foundation pits with frozen soil were adopted at south anchorage of Runyang Bridge , and the horizontal displacement of piles was monitored by in-hole inclinometers. Owing to the fact that the soil freezing and the displacement at the bottom of the holes result in large error in measured data , it is necessary to develop an effective method to rectify the measured data from inclinometers. Numerical analysis shows that the displacement of the support position can be used for rectification of the measured data. Based on rectification of the measured data of horizontal displacement of piles with the support axial force at the first support position and temperature parameter , a horizontal displacement rectification model for piles is obtained , and the model is verified with the data having been obtained. The present model provides accurate monitoring data of horizontal displacement of piles for back analysis and prediction of stability of foundation pits.

Key words : Runyang Bridge ; method of ground freezing and pile-support ; foundation pit monitoring ; horizontal displacement ; rectification model

润扬长江公路大桥位于镇江—扬州汽渡上游约 1.5 km 处, 跨越长江连通镇江与扬州, 是江苏省规划的“四纵、四横、四联”公路主骨架和南北跨长江公路通道的重要组成部分。其中的南汊桥采用跨径 1 490 m 的单孔双铰钢箱梁悬索桥, 为目前“国内第一、世界第三”的大跨径桥梁。

南汊悬索桥的重要组成部分之一南锚碇基础为矩形结构, 基坑平面尺寸边长为 69.0 m × 51.0 m, 基坑开挖深度为 29.0 m, 基坑规模之大在国内乃至世界都是屈指可数的。南锚基坑采用全新的排桩冻结施工方案, 排桩加内支撑作为挡土支撑受力结构, 人工冻土实现基坑内外侧壁的封水形成止水帷幕。两

种工法联合运用于特大型基坑工程, 其规模、难度和施工工艺均是前所未有的^[1-8]。

为了保证南锚碇基坑施工的安全, 建立了大型的基坑安全监测系统, 其中排桩测斜是监测系统的一个重要方面, 在排桩内共埋设 12 个测斜孔(编号 I 1 ~ I 12, 每边 3 个, 见图 1), 监测排桩水平位移, 为基坑的反演分析提供数据, 并预测基坑的稳定性。

在基坑监测过程中发现排桩水平位移数据出现了异常情况, 如测斜孔孔底发生冻结现象, 洗孔前后有明显的位移差值, 基坑壁中间位移测值有时比两边大、有时比两边小等。必须对排桩测斜水平位移监测数据进行校正, 才能满足反演分析和预测预报

的需要。

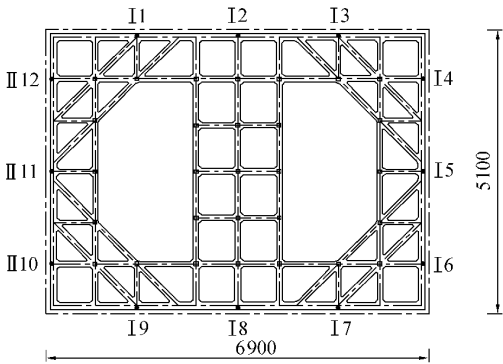


图1 基坑及测斜孔平面图(单位:cm)

1 排桩测斜水平位移监测数据误差分析

对工程条件和施工状况进行分析,结果表明排桩测斜水平位移测量值误差主要来自2个方面:①孔底冻结给测量值带来影响。I8测斜孔孔底有7m厚冻结,I1测斜孔洗孔后位移增加3cm(如图2所示),显然冻结使水平位移测值偏差为厘米量级。②孔底端部位移给测量带来影响。随着开挖深度的增加,桩底向坑内变形有可能产生,特别是嵌固不好的桩体产生的误差难以估计。有限元计算也发现测斜孔底部有一定位移。这2个因素引起的误差都是厘米级误差,因此需要研究校正排桩水平位移的方法。

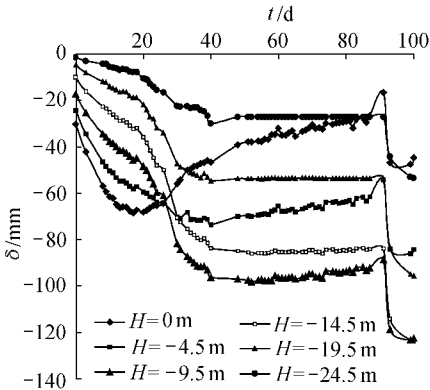


图2 不同开挖深度时I1测斜孔水平位移随时间变化曲线

2 压顶梁水平位移校正排桩水平位移的可行性分析

理论上,如果压顶梁水平位移测量较准确,则可以用压顶梁水平位移与排桩测斜孔孔口位移相等的方法来校正排桩水平位移。为此,分别对I1测斜孔、I3测斜孔、I5测斜孔、I8测斜孔作出对应点压顶梁水平位移与排桩孔口位移关系图,由关系图可以看到压顶梁水平位移与排桩测斜孔口位移差值很大,如图3所示的位移差值最大的达到近5cm。但实际上排桩底部变形差值不可能有如此之大。

由于第一道支撑在开挖初期就已浇筑,在第二

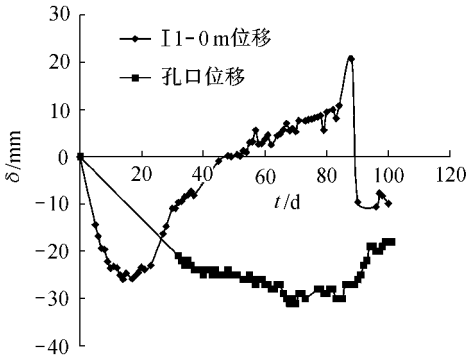


图3 I1测斜孔口位移与孔口圈梁水平位移关系

道支撑浇筑后很快支撑轴力就趋于变化很小,是测斜孔内的相对稳定点。根据I8测斜孔第一道支撑位置位移随时间变化曲线,假设该点不动,由底部变形形成的位移误差为2cm。比较孔口处4.5cm的压顶梁水平位移与排桩孔口位移的差别,可以认为压顶梁水平位移误差最大值超过2cm。

基于上述,笔者认为压顶梁水平位移由于其本身的可信度低,不能作为校正排桩水平位移的依据。

3 用支撑位置位移作为排桩水平位移校正的可行性分析

支撑位置排桩水平位移主要由产生支撑轴力时向坑内变形和温度变化产生的变形组成,同一时段内的上下两道支撑,扣除支撑压缩产生的轴力这一影响因素后,由底部变形产生的相对位移应该较接近。为此,作出I8测斜孔第二道支撑位置位移与轴力产生变形量随时间变化曲线,如图4所示。

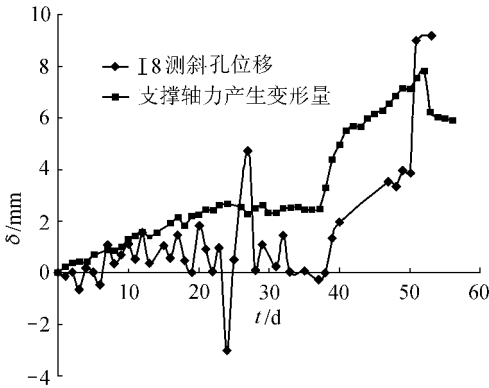


图4 I8测斜孔第二道支撑位置位移与轴力产生变形量随时间变化曲线

对比同一时段第一道支撑位置位移与第二道支撑位置位移随时间变化曲线,可以看出2条曲线形状相似,量值有一定差距,位移变化差值与轴力产生压缩变形差值接近。

由于第一道支撑在开挖初期就已浇筑,在第二道支撑浇筑后支撑轴力很快变化就趋于很小,达到测斜孔内的相对稳定点,考虑到支撑体系具有很好

的对称性,通过监测数据分析发现轴力变化、温度变化与水平位移具有很好的线性相关性,同时有限元分析也证明了这种线性相关性,所以确定用第一道支撑位置作为位移校正点,但必须进行支撑轴力和温度校正。

因此,支撑位置特别是第一道支撑位置位移经过支撑轴力和温度影响修正后,可以用来校正排桩水平位移。

4 排桩水平位移校正公式

排桩在支撑位置的位移由排桩压缩支撑产生的支撑压缩变形和由温度产生的轴力值与温度产生的变形影响而产生。排桩压缩支撑产生的支撑压缩变形变化值可由实测轴力值减去温度产生的轴力值,再换算出变形值得到。

由于温度产生的轴力值与温度产生的变形换算成轴力值之和为温度作用下限制排桩变形时产生的轴力值(可以由有限元法计算),所以,实测轴力值减去温度作用下限制排桩变形时产生的轴力值,换算成变形值,即为排桩压缩支撑产生的支撑压缩变形与温度变化使支撑产生的伸缩变形的修正值。

以第一道支撑位置作为第一道浇筑以后的位移校正点,根据理论推导,结合已有监测数据的统计分析,以支撑位置作为位移校正点的位移校正公式为

δ = δ实 - δ修 (1)

δ修 = δ实支撑 - δ初支撑 + aδ轴+温 (2)

长边:

δ轴+温 = [L(Z1-2 + Z1-3)/2 - b(T实 - T初)] / EA (3)

短边:

δ轴+温 = [L(Z1-1 - b(T实 - T初))] / EA (4)

式中:δ为排桩各点的位移值;δ实为排桩各点的实测位移值;δ修为排桩的位移修正值;δ实支撑为第一道支撑点实测位移值;δ初支撑为第一道支撑点初始位移值;δ轴+温为轴力与温度产生的位移修正值;a为不同位置排桩的位移修正系数;L为支撑长度的一半;Z1-1,Z1-2,Z1-3分别为第一道支撑测点1,2,

3的轴力;T实为实测温度值;T初为初始温度值;b为温度转换为轴力的修正系数;E为支撑的弹性模量;A为支撑的截面面积。

a和b为常数,由已有的监测数据统计结合有限元计算结果验证获得。a与测斜孔对应部位的支撑角度有关,在直撑部位为1,在斜撑部位为1.4。b为温度影响系数,与混凝土材料有关,约为1.89。

5 排桩水平位移校正公式验证

排桩水平位移校正方法从两方面进行了验证。

a. 利用底部有一定冻结长度的测斜孔洗孔前后的测斜数据进行验证。洗孔前后同一测斜孔的测量深度不同,从孔底累计得到的各点的测量水平位移相差很大,这种差别是由于洗孔前有一段孔的位移没有能累计到测量值引起的,而位移是实际发生了的,校正后的数据如果能够相近,表明修正公式可以消除由于测量深度不够引起的测值偏差。笔者通过多孔、多次洗孔数据验证,证明了校正公式的可用性。

以I1测斜孔监测数据为例验证说明用洗孔前后的排桩测斜数据可以验证校正公式的正确性,见表1。可以得出结论,洗孔前后支撑点校正位移值之间差值最大仅为0.74 mm。2002年3月13日位移增量为30.19 mm,校正后为-0.64 mm,与轴力、温度变化相吻合。校正位移值符合变形规律,校正效果较好。

b. 利用有限元进行正反演分析,用修正后的监测数据进行反演分析后的正演分析预测,与后期的监测数据拟合性很好。第五级开挖结束最大位移为143.1 mm,位置在长边中部排桩(I8测斜孔)标高为-12.0 m附近处。I8测斜孔实测位移与计算拟合位移见图5。

6 校正前后的排桩水平位移分析

用校正后的水平位移作排桩位移随时间变化曲线、排桩位移随深度变化曲线和排桩最大水平位移随空间变化曲线,分析排桩水平变化规律。图6是I8测斜孔校正前和校正后的排桩位移随深度变化曲线,可以看出,校正后的位移随时间变化,位移空间分布更符合力学规律,显示出校正的有效性。可以以此作为基坑反演分析和预测预报的依据。

表1 I1测斜孔监测数据验证结果

时 间	位移初值/ mm	实测位移/ mm	轴力差/ kN	温度差/ (℃)	轴力+温度 位移/mm	实测位移差/ mm	位移修正值/ mm	校正位移值/ mm
01-12	-61.24	-58.89	7000	-3.0	-10.01	2.35	-12.36	-71.25
01-13	-61.24	-59.23	7025	-3.7	-10.22	2.01	-12.23	-71.46
02-03	-61.24	-51.50	6699	-7.9	-10.84	9.74	-20.58	-72.08
02-04	-61.24	-50.53	6310	-7.0	-10.10	10.71	-20.81	-71.34
03-11	-61.24	-32.80	8049	-0.7	-10.82	28.44	-39.26	-72.06
03-13	-61.24	-63.01	7661	-0.2	-10.18	-1.77	-8.41	-71.42

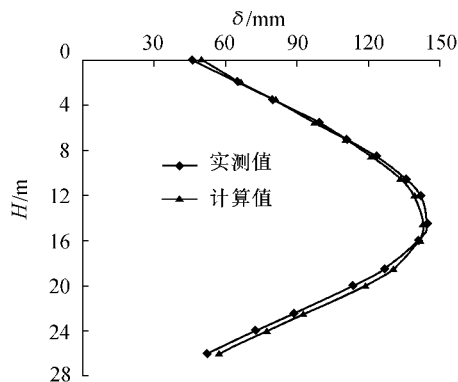


图5 第五级开挖位移实测校正值与计算值对比

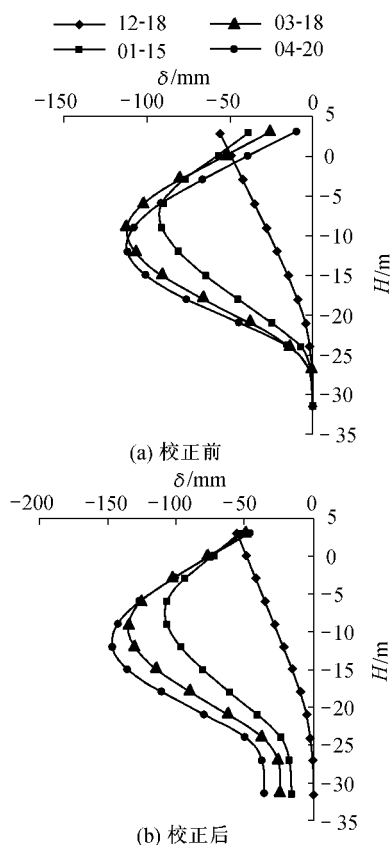


图6 I 8 测斜孔排桩位移随深度变化曲线

7 结 论

a. 排桩冻结法基坑围护结构由于孔底冻结和孔底端部位移造成排桩测斜数据误差,需要校正排桩水平位移。

b. 压顶梁水平位移由于其本身的可信度低,不能作为校正排桩水平位移的依据。

c. 支撑位置特别是第一道支撑位置位移经过支撑轴力和温度影响修正后,可以用来校正排桩水平位移。

d. 校正后的位移随时间变化,位移空间分布更符合力学规律,显示出校正的有效性,可以作为基坑反演分析和预测预报的依据。

参考文献:

- [1] 袁宝远,杨志法,刘大安,等.边坡不稳定先兆分析系统[J].岩石力学与工程学报,1999,18(2):166-169.
- [2] 袁宝远,任青文,杨志法,等.边坡监测信息系统及其在五强溪水电站的应用[J].河海大学学报:自然科学版,2000,28(3):103-106.
- [3] 袁宝远,刘小佳,吕建红.边坡监测信息数据库管理系统面向对象的程序设计[J].桂林工学院学报,1998,18(4):352-356.
- [4] 袁宝远,杨志法,宫宏达.多层土深基坑混合支护面向对象的程序设计[J].工程地质学报,2000,8(2):229-234.
- [5] 吕建红,袁宝远.钻孔倾斜监测数据自动处理分析程序设计[J].桂林工学院学报,1998,18(4):363-367.
- [6] 孙雪峰,陈强全,郭志培.厦门某工程基坑支护开挖监测[J].河海大学学报:自然科学版,1999,27(增1):219-222.
- [7] 高峻合,赵维柄,施建勇.基坑测斜技术研究[J].河海大学学报:自然科学版,1998,26(4):120-124.
- [8] 陈志坚,游庆仲.江阴长江大桥工程建设中的岩土工程问题[J].水利水电科技进展,1998,18(增刊):30-34.

(收稿日期 2005-11-07 编辑 高建群)

欢迎订阅 2007 年《水资源保护》

全国中文核心期刊 中国科技核心期刊

《水资源保护》是河海大学和环境水利研究会主办的科学技术期刊。本刊 1985 年创刊,国内统一刊号:CN32-1356/TV,现为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊和江苏省一级期刊,国内外公开发行。

《水资源保护》主要刊登与水资源保护有关的基础研究、应用技术、工程措施、综合述评、专题讲座、国外动态、书刊评介、科技简讯、水资源管理、评价、监测、优化配置、节水技术、水环境污染控制等方面的文章。近年来,本刊重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向,新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容。主要读者对象:全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理干部以及大专院校的师生。

《水资源保护》邮发代号 28-298,双月刊,8 元/期,全年 48 元,每逢单月 30 日出版。欲订购者,请向当地邮局订购。若无法从邮局订阅,亦可与编辑部联系索取征订单。地址 210098 南京市西康路 1 号 河海大学《水资源保护》编辑部;电话 (025) 83786642;传真 (025) 83786642;电子信箱 jh@hhu.edu.cn