

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.11.053

长兴岛防汛堤防工后水平位移监测技术总结

张祖杰

(上海市市政公路工程检测有限公司, 上海市 201108)

摘要:江、河、湖、海的堤防附近往往存在很多树木或者建筑设施,堤防水平位移的监测采用 GPS 时,信号容易受到水面多路径效应和周边树木或建筑设施遮挡的影响,而以堤防以外较远区域的基准网为定向设站点,采用全站仪坐标法、交会法、极坐标法、视准线法受到遮挡限制,难以覆盖所有测点。在能与基准网通视的堤防局部位置设置临时工作基点,采用自动全站仪多测回测角测量导线的方法建立临时工作基点网,然后加密联测其他与基准网不好通视的监测点,可以解决该问题。

关键词:全站仪导线法;导线测量;水平位移;多测回测角;堤防位移监测

中图分类号: TV5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)11-0199-03

0 引言

变形监测是江、河、湖、海岸防汛堤防工程的重要技术工作之一,其中的水平位移监测方法很多,但是在有些项目中却存在如下问题。

堤防工程附近往往存在很多树木或者其他厂房、建筑或大型公共设施,采用 GPS 监测信号一是受水面多路径效应的影响^[1],二是受周边树木或设施的遮挡影响,很多时候并不合适。以堤防以外较远区域的基准网为定向设站点,采用全站仪坐标法、极坐标法、交会法、视准线法等对监测点进行测量也很容易受到周边树木或设施遮挡的影响。

长兴岛堤防二期加固工程的工后水平位移监测采用全站仪导线测量法解决了以上问题。现以该项目为背景,总结防汛堤防工程工后水平位移监测的技术经验。

1 工程概况

1.1 项目概况

长兴岛修船基地堤防工程等别为 I 等,堤防级别为 I 级,总长 3 821 m。二期加固工程防洪标准为 200 a 一遇,高潮位 6.18 m,12 级风下限为 32.7 m/s,地震设防烈度为 7 度。该段堤防为企业专用堤防,周边建筑设施较多。

1.2 监测要求

根据文献[2]和工程要求,堤防水平位移监测点每 20 m 布设 1 个断面,共布设 192 个测点断面。

收稿日期: 2022-07-01

作者简介:张祖杰(1983—),男,本科,高级工程师,从事工程检测、测量、变形监测工作。

据规范和工程性质要求,水平位移监测精度应优于 ± 3.0 mm,以保证数据的科学可靠。施工完成 2 a 内的观测周期为每 7~15 d 1 次,汛期必要时加密。

2 测量方案

2.1 难点分析

全线观测范围较长,测点较密集,周边房屋建筑及树木等遮挡因素较多,与远离岸边稳固的基准网点直接通视较为困难。

监测精度要求高,使用 GPS 等自动化手段成本较高,效果不一定好,采用全站仪的其他测量方案困难比较明显,工作效率也无法明显改善。

2.2 全站仪导线测量法方案

2.2.1 布设稳固基准网点

利用堤防局部区域与远离岸边稳固区域能通视的实际条件,在离堤防 150~400 m 的稳固区域,沿着堤防的走向,平行布设间距为 300 m 左右且相邻点位两两通视的基准网点。

基准点严格按照规范要求埋设,必要时联测国家或地方高等级控制点,以保证监测基准的稳定可靠。基准点布设时,可以借助 GNSS 连接地方城市 CORS 系统进行卫星定位测量,获取城市概略坐标及高程,以便于规划基准点的相对位置关系和制定测量调度计划。

基准网的测量按照文献[3]一等水平位移监测基准网的技术指标采用导线测量的方法进行。观测时,采用 0.5" 级的自动全站仪配合对中基座和棱镜,盘左、盘右观测 9 个测回以上,导线转折角观测前进方向的左角,测角的 2C 差值等技术指标应符合标准的

要求,测点距离采用对向观测成果。

此外,为了便于分析堤防的水平位移方向,基准网可以采用坐标轴平行于堤防的独立坐标系,也可以先采用城市地方坐标系,然后在后期数据处理时根据堤防走向(根据 CORS 卫星定位测量成果得到)逐段换算成垂直于各堤防线的水平位移方向。堤防区域外的基准网应至少半年复测一次。

2.2.2 堤防顶分段布设临时工作基点

选取能与基点网通视的部分堤防监测点作为临时工作基点(以下简称“临时基点”),用于加密联测其他监测点,既保证监测基准的一致性和稳定性,又保证全面覆盖所有测点。临时基点间距宜为 200 m 左右,每隔 3 个临时基点至少有 1 个点与稳固基准点通视,并设置强制对中装置,以方便准确安置全站仪及棱镜。该项目全线堤防布设 19 个临时基点。

2.2.3 采用导线网联测临时基点

将每 3 个临时基点的两端分别与一对堤防外的基准点组成一段由 3 个未知点组成的附和导线,每段附和导线与相邻段导线联测一对共用基准点。测量方法和技术要求与前文基准网一致。联测完成后,即可计算这些临时基点的坐标,得到对应位置的水平位移量。

2.2.4 利用临时基点观测其他监测点

临时基点联测完成后,应马上利用相邻的两个临时基点安置全站仪和后视定向棱镜测量这两个临时基点之间其余监测点的坐标。此时,应采用极坐标法通过多测回测角、测距的方式观测。测回数至少 6 个测回,必要时交换全站仪与棱镜的位置进行测量,避免了观测视距导致的个别测点精度不足,成果取两站观测各测回的平均值。

2.2.5 平差计算各监测点的坐标值

(1)临时基点坐标平差计算

首先根据多测回的角度和距离的联测成果,计算临时基点的坐标。例如某段导线 A、B、C、D 为基准点,B、C 之间有 1#、2#、3# 未知点(临时基点)。

导线转折角($\angle B$ 、 $\angle 1$ 、 $\angle 2$ 、 $\angle 3$ 、 $\angle C$)观测成果取各测回的平均值,由一对基准点 AB 作为导线的起算边,根据角度观测值成果依次推算 B \rightarrow 1、1 \rightarrow 2、2 \rightarrow 3、3 \rightarrow C、C \rightarrow D 的方位角,推算得到 CD 方位角与根据其坐标计算得到的已知方位角之差即角度闭合差。各角度经闭合差调整(反符号平均分配至每个转折角)后,重新推算各边方位角,按改正后的方位角和边长计算各边的坐标增量,推算各点的坐标增量,

C 点的推算坐标与已知坐标之差(f_x 和 f_y)即坐标增量闭合差。将 f_x 和 f_y 反符号按边长为比例分配坐标增量改正数,逐一改正各坐标增量,然后根据改正后的坐标增量计算未知点(1#、2#、3#)的坐标。

(2)其他监测点坐标的计算

通过观测各监测点与临时基点的夹角和距离计算监测点与基点的坐标增量: $\Delta X=D \cdot \cos \alpha$, $\Delta Y=D \cdot \sin \alpha$ (D 为点间水平距离, α 为由夹角和已知方位角推算得到的基点到监测点的坐标方位角)。

2.2.6 测量注意事项

(1)定期复测基准网稳定的情况下,每期观测时,先进行临时基点导线测量,再采用极坐标法观测其他监测点的坐标。

(2)由于测回数较多,为了减少人为因素的影响,应采用自动化全站仪进行外业测量和自动平差计算软件进行内业处理。

(3)点位应安装强制对中装置,减少对中误差。由于临时基点也是监测对象之一,在临时基点观测完成后应马上进行监测点的观测。

(4)测段划分应以 200 m 左右为宜,导线未知点最好不要超过 3 个,固定测段和观测方式,相邻测段导线的基线边应重合。

(5)观测时尽量避免太阳直晒,并进行温度和气压等气象因素改正。

3 监测精度分析方法

(1)临时基点的精度分析

$\alpha_{\text{始}}$ 为导线起算方位角, $\alpha_{\text{终}}$ 为附和方位角, $\sum \alpha_{\text{左}}$ 为各转折角(左角)观测值之和, n 为转折角个数,角度闭合差 $f_{\beta} = \alpha_{\text{始}} + \sum \alpha_{\text{左}} - n \cdot 180^{\circ} - \alpha_{\text{终}}$, f_{β} 应小于 $\pm 2\sqrt{n}''$ (n 为测站数),测角中误差 $m_{\alpha} = \pm 2\sqrt{f_{\beta}^2/n}$,导线全长闭合差 $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$,导线全长相对闭合差应小于 1/200 000。临时基点垂直于堤防方向的坐标 X(Y 轴与堤防平行)的误差 $m_{jx} = m_{\alpha} \cdot L/\rho$,其中 L (mm) 为基准点到临时基点的边长之和, $\rho = 206 265''$ 。每段导线误差最大的临时基点为中间点(2# 点)。

(2)其他监测点的精度分析

监测点基本在两个临时基点的连直线附近,其垂直于堤防方向的水平位移的精度主要受到测角精度和临时基点垂直于堤防方向的坐标精度的影响。

在临时基点设站测量其他监测点的测角中误差 m_{β}'' 引起的位移误差(mm) $m_{s\beta} = m_{\beta} \cdot S/\rho$,其中 S 为前视距离(mm)。

临时基点垂直于堤防方向的坐标 X 的误差 m_{jx} 。监测点垂直于堤防方向的位移中误差 $M_s = \sqrt{m_{s\beta}^2 + m_{jx}^2}$ 。

评估计算最弱临时基点在测量最远监测点的误差是否满足精度要求。

4 方案评价

根据实践数据分析,基准网和临时基点的导线测量精度测角中误差 $0.6''$,导线全长相对闭合差优于 $1/320\ 000$,监测点的水平位移测量中误差小于 1.8 mm ,完全满足 I 级堤防的监测要求。

采用强制对中装置,基准点和临时基点除了前期埋设需投入一定的工时和材料成本以外,每期的监测工作主要靠全站仪自动观测和软件自动数据处理,效率很高。

该测量方案主要发挥了 $0.5''$ 级自动全站仪多测回观测效率高、测角精度好的优势,并且避免了监测点观测过程中多种误差的累积,减少了测距精度的影响。

5 技术总结

本文以长兴岛防汛堤防工程的工后水平位移监测为案例,总结了一套解决实际问题的技术思路,经验如下:

(1)合理分段布设临时基点,避免了所有监测点与基准点都要通视的难题。临时基点在与基准网联测时,每段导线未知点最好不要超过 3 个。

(2)采用自动全站仪测量导线联测临时基点与基准网,大大减少了人工干预的影响,又减轻了现场测量的压力。

(3)利用相邻的临时基点安置全站仪对其余监测点进行观测时,交换全站仪与棱镜的位置进行测量可以提高精度。

(4)监测点基本在两个临时基点的连直线附近,其垂直于堤防方向的水平位移精度主要受测角精度和临时基点在该方向上坐标精度的影响。只要控制好测角精度和临时基点在该方向的坐标精度,就可以很好地把握监测点的观测精度。

(5)制定方案时,评估最弱点的精度,确保所有监测点均满足监测精度要求。

基于以上实践的成功,本防汛堤防的工后水平位移监测技术经验可以为类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 廖文来,张君禄,胡汉林.基于全球导航卫星系统的堤防变形监测系统及应用[J].水电能源科技,2012,30(6):128-131.
- [2] SL 52—2015,水利水电工程施工测量规范[S].
- [3] GB 50026—2020,工程测量标准[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com