

An Error Analysis Method for Displacement Measurement of Slope Retaining Wall

Fei Liu^{1,2}, Lianshi Wu³

¹Beijing Municipal Engineering Research Institute, Beijing

²Beijing No. 3 Detection Department Co., Ltd. of Construction Engineering Quality, Beijing

³Beijing Institute of Water, Beijing

Email: liufeidada2012@163.com

Received: Aug. 12th, 2018; accepted: Aug. 27th, 2018; published: Sep. 3rd, 2018

Abstract

Due to the characteristics of surveying engineering, there must be some errors in the data of deformation observation. Therefore, some measures should be taken to control the error in deformation monitoring, so that the error is within the allowable range. In this paper, the key monitoring points are laid out in the slope retaining wall, and the deformation measurement of the slope engineering retaining wall is carried out. The correlation analysis of the monitoring data of the key measuring points is carried out by using the deformation correlation formula to check the error deviation of the monitoring data. By using the correlation of the monitoring data of key points, the accuracy of the monitoring data can be quickly judged, the workload of the indoor operation can be reduced, and the work efficiency of the indoor operation can be improved.

Keywords

Slope Deformation, Retaining Wall Displacement, Data Correlation, Error Control

一种边坡挡土墙位移测量误差分析方法

柳 飞^{1,2}, 吴炼石³

¹北京市市政工程研究院, 北京

²北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司, 北京

³北京市水利规划设计研究院, 北京

Email: liufeidada2012@163.com

收稿日期: 2018年8月12日; 录用日期: 2018年8月27日; 发布日期: 2018年9月3日

摘 要

由于测量工程的特性, 在变形观测时, 其测量数据必然存在一定的误差。因此, 在变形监测时需要采取

文章引用: 柳飞, 吴炼石. 一种边坡挡土墙位移测量误差分析方法[J]. 土木工程, 2018, 7(5): 686-692.

DOI: 10.12677/hjce.2018.75081

一定的措施, 控制误差, 使误差在允许范围内。本文通过在边坡挡土墙布设关键监测点, 在实施边坡工程挡土墙变形测量, 利用变形相关性计算公式, 对关键测点的监测数据进行相关性分析, 以校验监测数据的误差偏移程度。利用关键点监测数据的相关性, 可对监测数据的准确性进行快速判断, 减少内业的工作量, 提高内业的工作效率。

关键词

边坡变形, 挡土墙位移, 数据相关性, 误差控制

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

变形是自然界普遍存在的现象, 它是指物体在各种荷载作用下发生的形状和位置在时间域和空间域中的变化[1] [2]。对于边坡工程, 由于新建工程或工程自身的变化, 导致其土体发生位移, 当位移超过一定限值, 边坡会发生滑坡等灾害。为了防止边坡病害, 一般需在边坡设置挡土墙。作为边坡防护设施, 若边坡发生变形, 挡土墙也会随之发生变形。因此, 对挡土墙进行变形监测可反映其背后土体的变形情况。而且, 挡土墙一般为钢筋混凝土结构, 属于塑性结构, 其变形测量难度更小, 且精度更高。因此对于边坡变形监测, 挡土墙位移是必测的监测项目。

变形监测是利用专业的测量设备通过特定的方法观测变形体变形现象、对其变形形态进行分析及其变形发展趋势进行预测等的工作[3] [4] [5]。虽然随着技术的进步变形监测的精度越来越高, 误差也随之越来越小。但是由于仪器、观测人员、周围环境等主观和客观因素的影响, 在变形观测时, 其测量数据必然存在一定的误差。因此, 在变形监测时需要采取一定的措施, 控制误差, 使误差在允许范围内[6] [7]。当前的误差分析一般是针对单个监测点本身的误差进行分析, 很少从结构变形原理和测点数据相关性方面进行分析。本文通过分析挡土墙的变形特征, 通过科学的布设挡土墙位移测点, 利用监测数据的相关性, 减小挡土墙位移监测误差, 确定其准确变形数值。

2. 工程概况

北京某道路穿越山岭路段, 本工程常规路段标准断面路基全宽 50 米, 与规划红线宽度相同, 为三幅路形式, 其中机动车道为三上三下, 宽 23.5 米, 单侧非机动车分隔带宽 5.25 米, 非机动车道宽 3.5 米, 人行步道宽 4.5 米。道路断面图见图 1。

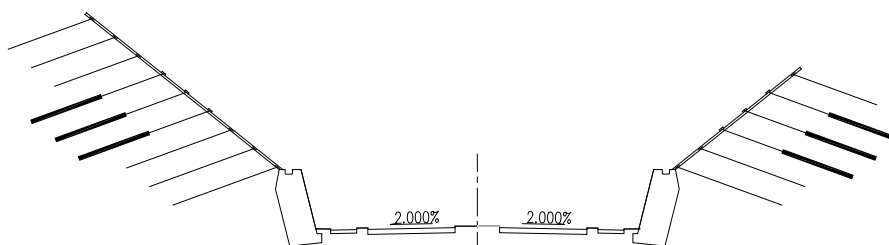


Figure 1. Typical section of road
图 1. 道路典型断面图

由于本工程需开挖山体, 为减少开挖工程量以及维持路基边坡稳定, 在路基两侧步道外设置重力式挡土墙进行防护, 设计挡土墙高度为 7~10 m, 挖方较高路段在其上按照 1:1.25 边坡开挖, 并采用六棱花饰进行防护(图 2)。

3. 监测方案

3.1. 挡土墙变形原理

为确保边坡在雨季的安全, 现对边坡挡土墙实施监测, 以测定边坡挡土墙的变形情况。由于本道路工程的挡土墙为重力式挡墙, 因此挡土墙变形为整体变形, 即挡土墙的各部位均发生变形, 且各部位的变形为相关变形。如图 3 所示, 若后方土体发生位移, 挡土墙发生相应的变形, 以挡墙墙踵 O 为支点发生旋转, 转角为 β , 墙顶水平位移为 ΔX , 地面以上墙脚处的水位位移为 Δx 。

如图所示, 当挡土墙发生变形, 墙顶水平位移 ΔX 可用公式(1)进行计算, 地面以上墙脚处的水位位移为 Δx 可用公式(2)进行计算。

$$\Delta X = a \sin(\alpha + \beta) - a \sin \alpha \tag{1}$$

$$\Delta x = b \sin(\gamma + \beta) - b \sin \gamma \tag{2}$$

对公式(1)和公式(2)分别进行变形分析, 得到公式(3)和公式(4)。

$$\frac{\Delta X}{a} + \sin \alpha = \sin(\alpha + \beta) \tag{3}$$

$$\frac{\Delta x}{b} + \sin \gamma = \sin(\gamma + \beta) \tag{4}$$

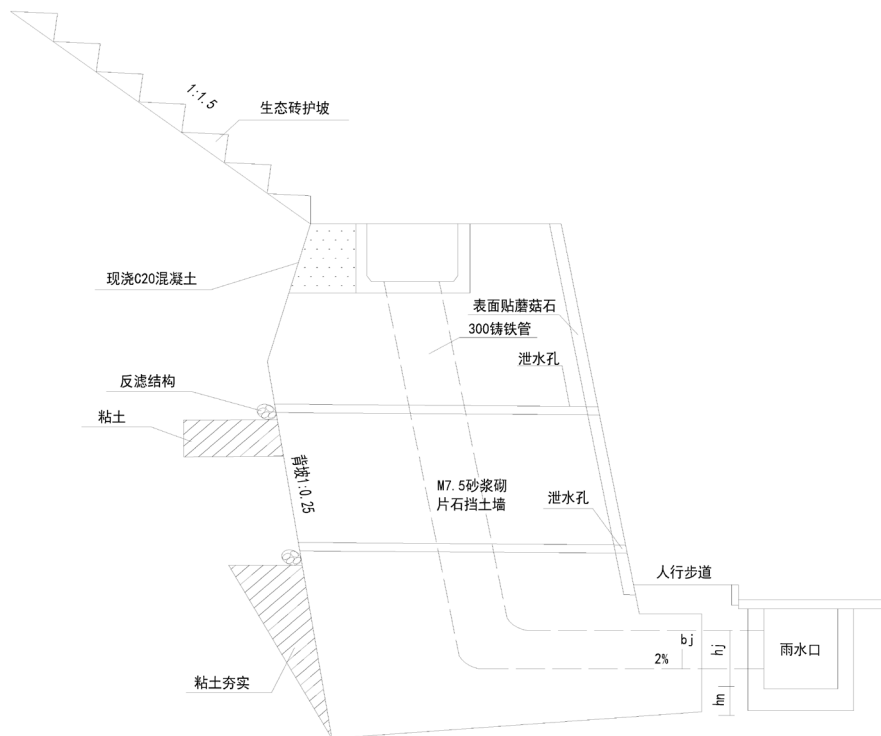


Figure 2. Retaining wall structure diagram
图 2. 挡墙构造图

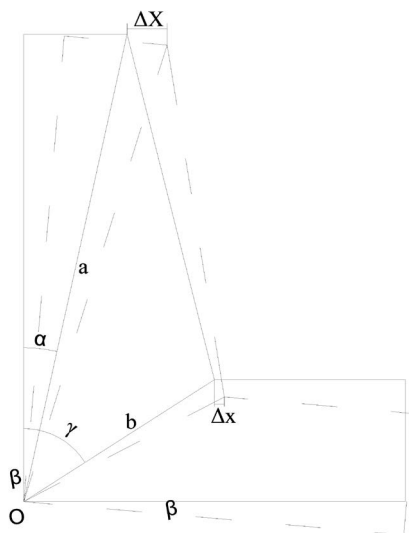


Figure 3. Schematic diagram of retaining wall deformation
图 3. 挡土墙变形示意图

继续对公式变形, 得到公式(5)和公式(6)。

$$\arcsin\left(\frac{\Delta X}{a} + \sin \alpha\right) = \alpha + \beta \quad (5)$$

$$\arcsin\left(\frac{\Delta x}{b} + \sin \gamma\right) = \gamma + \beta \quad (6)$$

得到 ΔX 和 Δx 的关系公式(7),

$$\arcsin\left(\frac{\Delta x}{b} + \sin \gamma\right) - \arcsin\left(\frac{\Delta X}{a} + \sin \alpha\right) = \gamma - \alpha \quad (7)$$

由于公式(7)中所有的参数从设计资料可获得, 而 ΔX 和 Δx 可通过现场实测得到, 因此利用公式(7)可验证现场实测的数据相关性是否符合要求。

3.2. 测点布设和测量方法

为了准确测定挡土墙的变形, 同时考虑边坡工程的现场实际情况, 沿边坡每个 10 m 设置一个监测断面, 在一个监测断面挡土墙顶和地面以上墙脚处各布设一个水平位移监测点, 作为边坡变形相关性分析测点, 如图 4 所示。

按照规范要求影响区外布设基准点。控制网的测设按城市二级导线要求进行, 基准点控制网坐标在施工过程中每月复测一次。挡土墙监测点的测量采用极坐标直接测量测点坐标的方法进行。工作点坐标由基准点直接量测, 由于道路两侧重力式挡土墙已施工完成, 故监测期间可视为工作点稳定, 工作点坐标每天应由控制点测量三次, 以确定工作点是否处于稳定的状态, 位移监测点具体观测方法为: 由基准点测得工作点的坐标, 然后分别由工作点测量各监测点坐标。控制点至工作点的观测次数为 4 测回, 工作点至位移监测点的观测次数为 4 测回(图 5)。

4. 结果分析

在整个工程期间共对挡土墙进行了 27 次监测, 选取一个监测断面对整个监测期间的监测数据进行分析。图 6 为墙顶和地面以上墙脚处水平位移监测点的共 27 期的监测数据, 即整个监测周期的 ΔX 和 Δx 的

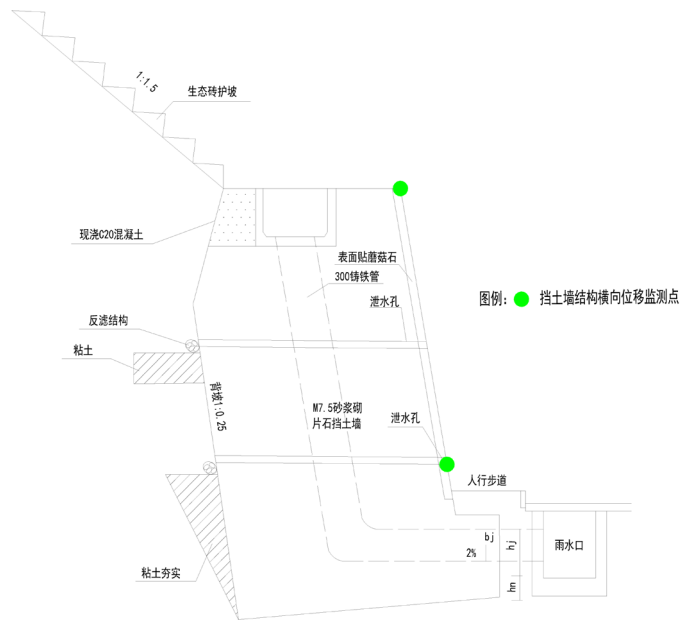


Figure 4. Sketch map of slope deformation measurement points
图 4. 边坡变形测点布设示意图



Figure 5. Monitoring points埋设现场图
图 5. 监测点埋设现场图

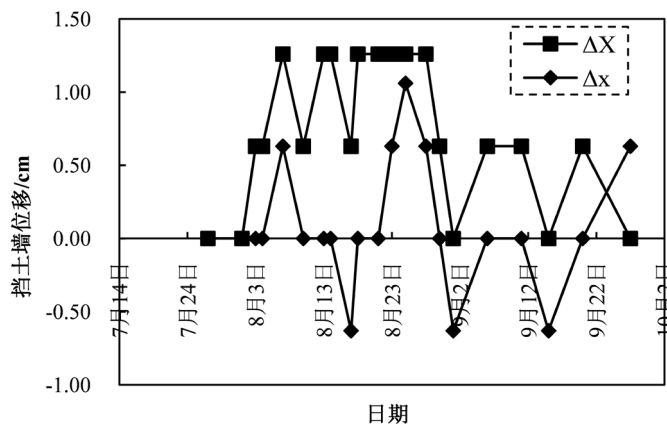


Figure 6. ΔX and Δx curves
图 6. ΔX 和 Δx 变化曲线

变化数据。如图所示, 由于测量的特性, 数据在整个监测周期内呈现波动状态, 墙顶水平位移 ΔX 在整个监测期间的波动范围为 $0\sim 1.50\text{ cm}$, 而地面以上墙脚处水平位移 Δx 的波动范围为 $-0.50\sim 1.00\text{ cm}$ 。挡土墙两个部位的水平位移基本呈现相同的变化规律。

根据挡土墙设计图, 可分别得到公式(7)中参数 a 、 b 、 α 和 γ 的值。图 7 为根据公式(7)计算得到的 ΔX 和 Δx 的关系曲线图, 其中图中的虚线为 $\alpha-\gamma$ 的值。如图所示, 两条曲线并不完全重合。因为在测量工作中, 误差允许值为其测量值的 $1/10\sim 1/20$, 将计算得到的 ΔX 和 Δx 的关系曲线与 $\pm(\alpha-\gamma)/10$ 曲线在图 8 中进行比对。如图所示, 大部分测量值在其允许误差范围之内, 只有三处误差较大, 分别为 8 月 25 日, 9 月 27 日~11 月 5 日, 1 月 18 日~2 月 25 日, 超出了误差允许范围。因此可以判定, 这三处的测量误差较大, 需要对测量数据进行调整, 使其符合测量要求。

综上所述, 在分析挡土墙变形规律的基础上, 通过布设特征点的关键监测点, 对其进行数据相关性分析, 可对监测数据的准确性进行快速判断, 减少内业的工作量, 提高内业的工作效率。

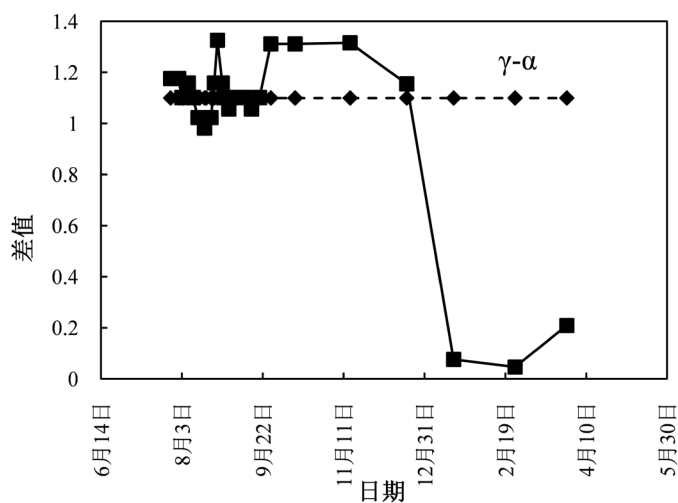


Figure 7. Relationship between ΔX and Δx

图 7. ΔX 和 Δx 关系曲线

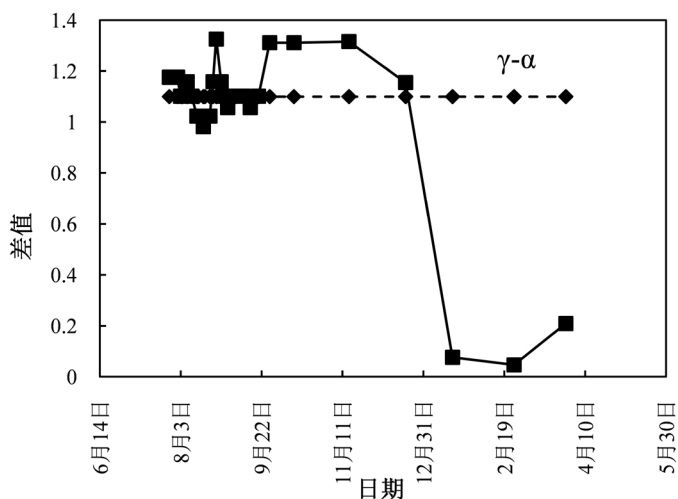


Figure 8. Error range

图 8. 误差范围

5. 结论

本文提出了一种边坡挡土墙位移测量精度的确定方法,通过对监测结果进行分析,可得到如下结论:

1) 由于背后土体的变形引发挡土墙的变形为整体变形,即挡土墙的各部位均发生变形,且各部位的变形为相关变形。因此可通过布设关键监测点,对监测数据进行校验。

2) 挡土墙墙顶和墙脚处水平位移监测点的监测数据可依据公式计算其变形相关性,确定两者之间的位移变化关系。

3) 利用关键点监测数据的相关性,可对监测数据的准确性进行快速判断,减少内业的工作量,提高内业的工作效率。

参考文献

- [1] 蔚清. 边坡监测数据预处理方法比较及建模研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [2] 李超, 郝建新, 文鸿雁, 田晓龙, 陈启华. 变形监测数据的一种小波去噪法研究[J]. 测绘科学, 2012, 37(4): 28-29.
- [3] 赵文忠, 杨广庆, 周乔勇. 边坡稳定性监测方法及预警系统分析[J]. 交通世界(运输.车辆), 2012(11): 194-195.
- [4] 赵小平, 闫丽丽, 刘文龙. 三维激光扫描技术边坡监测研究[J]. 测绘科学, 2010, 35(4): 25-27.
- [5] 李红中. 边坡变形监测技术现状与发展趋势[J]. 中国水运:理论版, 2008, 6(1): 56-57.
- [6] 潘国荣, 谷川. 形变监测数据组合预测[J]. 大地测量与地球动力学, 2006, 26(4): 27-29.
- [7] 张正禄. 工程的变形分析与预报方法研究进展[J]. 测绘地理信息, 2002, 27(5): 37-39.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org