

全球定位系统在隧道及高边坡监测系统中的应用

黄敏, 黄凤焯, 黄民水, 卢海林*

武汉工程大学资源与土木工程学院, 湖北 武汉 430074

摘要: 采用全球定位系统技术对宜(昌)一巴(东)高速公路大山坡隧道及高边坡进行监测. 对大山坡隧道进行监测时, 根据隧道特点等间距布置监测断面, 选择隧道出口右侧监测断面, 将监测点置于监测断面拱顶, 安装位移计测定位移; 对高边坡进行监测时, 根据滑动范围选定测线和监测点, 将 3 个监测点相应地布置在边坡体上, 并布设变形监测基准网, 实时获取隧道及高边坡各监测点的三维基准坐标. 将处理分析所得的监测结果与数值模拟分析预测结果进行比较, 其中隧道实际监测拱顶沉降为 24.3 mm, 数值模拟分析结果为 22.5 mm, 两者符合度很好, 在监测预警系统中的评价等级为稳定. 基于全球定位系统技术的山区公路隧道及高边坡监测技术具有选点灵活、自动化高、可全天候监测、定位精度高、监测数据可靠等优点.

关键词: 稳定性; 监测基准; 平差计算; 位移计

中图分类号: TU196

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2014.06.007

0 引言

山区公路地质条件复杂, 隧道和边坡在众多复杂因素的影响下, 易发生崩塌、滑坡、地面沉降等地质灾害, 因此稳定性监测尤其重要. 传统的稳定性监测技术在山区公路方面的应用或多或少存在着通视条件差、无法连续监测、工作效率低等缺陷. 全球定位系统(Global Positioning System, 以下简称: GPS)技术因具有精度高、全天候、定位速度快、自动化高、测站之间无需通视以及良好的抗干扰和保密性的优势, 在对地面沉降、滑坡、地裂缝等地质灾害的监测中得到了广泛的应用^[1].

使用 GPS 技术进行稳定性监测, 能够在保证精度要求的前提下减轻工作量, 提高效率^[2]. 根据隧道及高边坡监测的精度和技术要求, 2012 年对湖北宜巴高速公路第三标段的大山坡隧道和其左线五级高边坡进行了监测布置以及监测数据采集分析.

1 GPS 监测方案

1.1 隧道监测方案

基于安全可靠原则, GPS 监测分为二级布网: 一是在监测体周边选择地质条件相对稳定, 适合长期运行的点布设 4 个基准站形成基准网; 二是根据监测体的具体情况, 布设相应监测点, 划分为

纵横交错的监测线形成监测网^[3].

根据隧道围岩等级、不良地质、突水、洞口浅埋等特殊要求和业主及监理认为有必要监控的地段, 每 50 m 设置一个监测断面, 在隧道拱顶设置测点, 安装单点位移计, 监测拱顶沉降. 监测设备选用 VWD-250 型位移计.

选取的监测断面位于隧道出口右侧, 监测点的布设如图 1 所示.

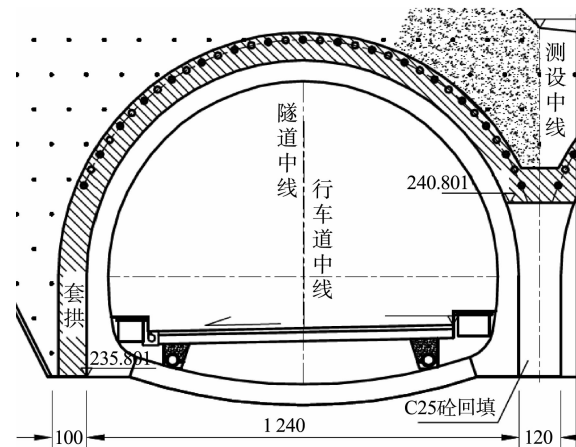


图 1 隧道监测点的布设

Fig. 1 Tunnel monitoring points sites

1.2 边坡监测方案

首先圈定主要的监测范围, 估测主要滑动方向, 按滑动方向及范围确定测线, 并选取典型断面, 布置测线; 再按测线布置相应监测点. 本工程

收稿日期: 2014-05-06

基金项目: 湖北省宜巴高速公路科技项目

作者简介: 黄敏(1976-), 女, 湖北黄梅人, 讲师, 博士研究生. 研究方向: 道路工程与材料. *通信联系人

根据实际需求,在边坡体上布设 3 个监测点,点间间距约 50 m,另外两个监测点分别布设在边坡斜坡上.基准站布设在周边基岩或监控中心.

此外,应选取距离合适、网形较好、地势较高、视野开阔、地质条件良好的地方,布设两个监测基准点,提供监测基准.监测点布设如图 2 所示.

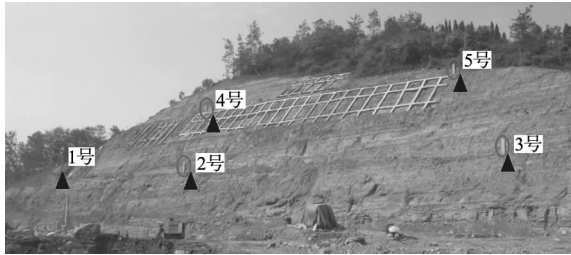


图 2 边坡监测点的布设

Fig. 2 Sites of slope monitoring points

1.3 GPS 监测数据采集与分析

监测数据采用 MCU-32 式自动测量单元采集,监测数据通过 GPRS 网络技术传入远程监控中心,通过 GPS 监测网获得相关数据后需要进行处理分析.首先对监测数据进行随机处理,观测周期结束后进行基线向量平差计算,其中有基线向量解算和 GPS 网平差计算两个阶段^[4-5].

首先对两台及以上的接收机同步观测值进行独立基线向量的平差计算.基线解算完成后通过载波相位残差图来进行质量检验.此外进行同步环闭合差、异步环闭合差和重复基线较差检验,检验质量合格后方可进行后续处理^[6].

监测网平差计算则通过以下三个阶段实现^[6].

(1)提取基线向量,构建 GPS 基线向量网.其中基线向量必须是相互独立、质量良好、边长较短的基线,此外还要能够构成边数较少的异步环,选定的基线能够构成闭合图形.

(2)三维无约束平差.在进行 GPS 网平差计算时需要提供一个位置基准点,GPS 网不因该基准点产生变形,从而使得构成 GPS 网的基线均满足质量要求,并能够相互匹配.

(3)约束平差,即以国家大地坐标系或地方坐标系某些点的固定坐标、固定边长及固定方位为 GPS 网的基准,以其作为约束条件进行平差.指定基准、坐标系统和起算数据,检验约束条件的质量,最后进行计算求出监测点三维坐标.

2 监测结果

通过以上程序步骤,对宜巴高速公路第三标段的大山坡隧道和其左线五级高边坡进行监测布设,获取数据,解算处理,最终得到监测网三维平差后监测点的最终成果.

2.1 隧道监测结果

图 3 为 2012 年 7 月至 9 月隧道位移变形观测的部分成果,为位移计 WYGJ0002 所测得的 5 号断面隧道拱顶位移值随时间的变化.

由图 3 可知,位移计 WYGJ0002 所测得的隧道拱顶沉降量基本在 -10~10 mm 之间.

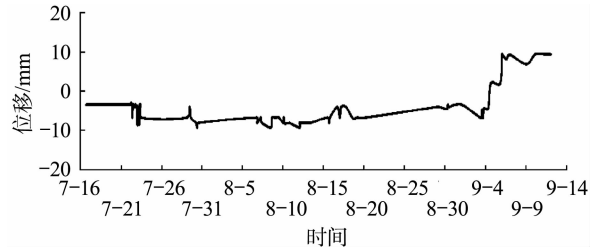


图 3 WYGJ0002 测得位移随时间的变化

Fig. 3 Changes of WYGJ0002 measured displacement with time

2.2 边坡监测结果

图 4 为 2012 年 7 月至 8 月变形观测的部分成果,为 5 号监测点 YDZ5 点的高程位移随时间的变化.

YDZ5 点的实测高程变化为 3 249 496.135 57~3 249 506.195 57 m,高程位移变化量在 -10~5 mm 之间,其中最大高程位移变化量为 10.06 mm,监测精度达到了毫米级.

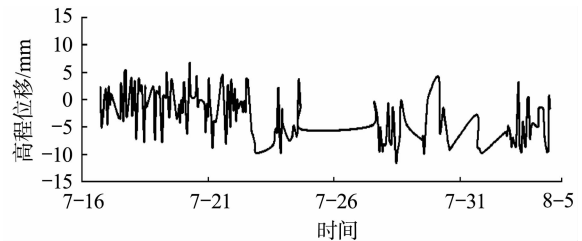


图 4 YDZ5 点高程位移随时间的变化

Fig. 4 Changes of Point YDZ5 height displacement with time

2.3 监测结果评价

运用数值分析方法可有效模拟计算隧道及高边坡的极限位移,并对现有监测数据之后的未知位移做出预测^[7-8].以大山坡隧道及高边坡的典型断面监测点的监测数据为原始数据,建立数学模型,进行数值分析,并将预测数据序列与实测值加以对比.在此基础上结合专家经验以及稳定性评判理论,以及已有监测数据,进行综合预警,提出隧道及边坡预警系统^[9].以大山坡隧道的部分预测结果为例,监测结果见表 1.

表 1 隧道稳定性预警结果

Table 1 Results of tunnel stability warning

监测断面	预测拱顶下沉/mm	计算拱顶下沉速率/(mm/d)	实际拱顶下沉/mm
K23+090	22.5	0.08	24.2

由表 1 可知,实际监测所得的拱顶下沉值与数值分析所得的预测拱顶下沉值符合较好. 经过稳定性评判理论及预警系统分析,综合评判结果为稳定,符合实际情况. GPS 监测数据满足大山坡隧道及高边坡的稳定性监测预警的要求.

3 结 语

笔者设计的基于 GPS 监测技术隧道及高边坡监测系统的稳定性的实际监测状态与分析及预警结果基本一致. GPS 监测技术不仅具有诸多优点^[10],而且能满足山区公路隧道及高边坡稳定性监测的要求,可为类似工程项目的监测预警提供借鉴.

致 谢

感谢湖北省宜巴高速公路建设指挥部为本研究提供支持和帮助!

参考文献:

- [1] 肖鸾,胡友健,王晓华. GPS 技术在变形监测中的应用综述[J]. 工程地球物理学报, 2005, 2(2): 160-165.
XIAO Luan, HU You-jian, WANG Xiao-hua. Overview of the application of GPS technology in deformation monitoring[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2005, 2(2): 160-165. (in Chinese)
- [2] 聂喜君,荆磊,吴海军. 用 GPS 卫星定位技术进行露天矿边坡监测——霍林河露天矿边坡变形监测试验[J]. 内蒙古煤炭经济, 2005(3): 69-70.
NIE Xi-jun, JING Lei, WU Hai-jun. Use technique of GPS satellite fixed position to supervise open-pit side—an experiment for deformation of Huolinhe open-pit side[J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2005 (3): 69-70. (in Chinese)
- [3] 匡桂荣. GPS 在滑坡体变形监测中的应用[J]. 西部探矿工程, 2007, 19(4): 110-111.
KUANG Gui-rong. GPS in landslide deformation monitoring [J]. West-China Exploration Engineering, 2007, 19(4): 110-111. (in Chinese)
- [4] 赖继文. GPS 测量技术及其在工程测量中的应用[J]. 地矿测绘, 2006, 22(3): 11-13.
LAI Ji-wen. GPS survey technology and its application to engineering survey [J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, 2006, 22(3): 11-13. (in Chinese)
- [5] GAO Yu-ping, WANG Zheng-ming. Application of network adjustment to the GPS common-view time links for TAI computations [J]. Chinese Astronomy and Astrophysics, 2003, 27(2): 217-225.
- [6] 苗胜军,蔡美峰,任奋华,等. GPS 变形监测平差计算及不确定度分析[J]. 岩土力学, 2008, 29(2): 562-566.
MIAO Sheng-jun, CAI Mei-feng, REN Fen-hua, et al. Adjustment and uncertainty analysis of GPS deformation monitoring [J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(2): 562-566. (in Chinese)
- [7] 党星海,周林丽,魏玉明,等. 灰色预测在某边坡变形监测中的应用[J]. 低温建筑技术, 2002, 33(2): 88-90.
DANG Xing-hai, ZHOU Lin-li, WEI Yu-ming, et al. Gray predicted in a slope deformation monitoring [J]. Low Temperature Architecture Technology, 2002, 33(2): 88-90. (in Chinese)
- [8] 曹力桥,周丁恒,林川,等. 数据突变下隧道洞口边坡变形灰色预测研究[J]. 地下空间与工程学报, 2009, 5(增刊 2): 1493-1496.
CAO Li-qiao, ZHOU Ding-heng, LIN Chuan, et al. Study on grey forecasting of slope deformation with mutation data in extra-large cross-section and cow flat-ration tunnel [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2009, 5 (Supp. 2): 1493-1496. (in Chinese)
- [9] 邱丹丹,卢新海,李沛. 基于 GPS 和 GIS 的大冶铁矿高陡边坡监测预警系统[J]. 武汉工程大学学报, 2010, 32(1): 16-18.
QIU Dan-dan, LU Xin-hai, LI Pei. Monitoring and early-warning system of the high and steep slope in Daye mine based on GPS and GIS [J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2010, 32(1): 16-18. (in Chinese)
- [10] 吴朝阳,许志华. GPS 测量原理及应用简介[J]. 科教文汇, 2009(16): 262-263.

Application of global positioning system in Dashanpo tunnel and high slope monitoring system

HUANG Min , HUNG Feng-chan , HUANG Min-shui , LU Hai-lin

School of Resources and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: Global positioning system technology was used to monitor Dashanpo tunnel and high slope of Yi(chang)-Ba(dong) Highway. We arranged monitoring sections in equal distance based on the characteristics of Dashanpo tunnel, selecting the right side of the tunnel exit as monitoring section, setting up monitoring points in section vault and installing displacement meters. We selected measuring line and monitoring points according to sliding range of the high slope, emplacing three monitoring points and deformation monitoring basis network on the slope to access three-dimensional reference coordinate of tunnel and slope monitoring points in real time. Comparing the monitoring results with forecasting results of numerical simulation analysis, the actual monitoring result of the tunnel vault settlement is 24.3 mm, matching well with the numerical simulation result of 22.5 mm, which is evaluated as stable degree in the monitoring and early warning systems. The monitoring technology of mountain road tunnel and slope based on the global positioning system technology has advantages of liberty in selecting points, all-weather monitoring, high positioning accuracy and reliability of monitoring data.

Key words: stability; monitoring datum; adjustment calculation; displacement meter

本文编辑:苗 变



(上接第 27 页)

Heat resistance modification of ultra high molecular weight polyethylene

QIN Jian-hua , HAO Hui-kun , WANG Xing-long , LI Wen-hua

School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: Ultra high molecular weight polyethylene was modified by kaoline and calcium carbonate to improve its heat resistance. Various properties of the mixtures were tested and analyzed by experiment. The changes generated by different mass fraction of fillers were compared. The results show that kaolin and calcium carbonate can obviously improve the heat resistance of ultra high molecular weight polyethylene. When the filler mass fraction is 30%, the vicat softening temperature of the mixtures filled with kaolin is 113 °C, and the vicat softening temperature of the mixtures filled with calcium carbonate is 111 °C, both of them increasing about 30 °C. The mechanical properties are reduced in some extent. The mechanical properties of the mixtures are best when the filler mass fraction is 10%, then they decrease with the increasing proportion of fillers. In a word, it can satisfy the requirement of mechanical properties and heat resistance when the filler mass fraction is between 10% and 20%.

Key words: ultra high molecular weight polyethylene; vicat softening temperature; heat resistance; kaoline; calcium carbonate

本文编辑:龚晓宁