

文章编号: 1000-7598-(2005)07-1153-04

路堑高边坡动态监测与分析

宋修广^{1,2}, 张思峰², 李英勇³

(1. 东南大学 交通学院, 南京 210096; 2. 山东大学 岩土与结构工程研究中心, 济南 250061; 3. 山东省交通厅公路管理局, 济南 250002)

摘 要: 边坡稳定是一个复杂的、多参数岩土力学问题, 对其现场监测是保证工程安全的重要措施之一。结合工程实际, 在对路堑边坡表面、地下变形以及支挡结构物受力状态监测所获取的信息进行综合分析的基础上, 对边坡施工及运营期的安全性进行了分析研究, 指出了影响边坡稳定的各种因素, 可为类似工程的设计及施工提供借鉴。

关 键 词: 高边坡; 动态监测; 边坡稳定

中图分类号: U416

文献标识码: A

In-situ dynamic monitoring and analysis of high slope stability

SONG Xiu-guang^{1, 2}, ZHANG Si-feng², LI Ying-yong³

(1. College of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Research Centre of Geomechanics and Structural Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

3. Highway Bureau of Communication Department of Shandong Province, Jinan 250002, China)

Abstract: The stability of high slope is a complicated problem in geomechanics, in which field that lots of factors may be involved; so the in-situ monitoring has become an important measure to ensure its safety. Related to a practical project, and based on the analysis of data that have been collected about the deformation of slope and the stress of support units, the stability of high slope during the period of construction and operative process is analyzed; and various influencing factors for the stability of high slope have been brought forward. These conclusions have provided a reference for similar projects.

Key words: high slope; dynamic monitoring; stability of slope

1 概 述

路堑高边坡的稳定是极为复杂的非线性、多参数岩土力学课题。尤其对于地质条件复杂、有较大潜在危害的路堑高边坡, 单靠理论分析很难把握其稳定状态, 必须建立动态监测体系^[1~3]。只有对路堑边坡表面、地下变形以及支挡结构物受力状态监测获取的信息进行综合分析, 才能把握路堑边坡所处状态, 并据此调整设计和施工方案以确保路堑边坡的安全稳定^[4]。

济南绕城高速公路南线 k24+236~k24+580 段路堑边坡是南外环整个线路上路堑开挖最高、挖方量最大、也是边坡地质条件最为复杂、防护治理最为艰巨的路堑段。考虑到工程的特殊性及其重要性, 为达到监控施工安全和工程运行安全的目的, 并满足工程需要和动态设计要求, 必须建立立体化的复合监测设施网络系统。

2 工程概况

2.1 工程地质概况

该段路堑所处“涝坡”, 位于济南市南部山区, 山体海拔高度在 460 m 以上。路堑段最大开挖深度达 80 多米。路堑边坡地层为奥陶系马家沟灰岩岩组, 岩性较为复杂, 主要有深灰色中厚层灰岩、灰色薄层灰岩、褐黄色薄层泥质灰岩和泥岩。上述不同岩层一般呈互层产出。相对来说, 路堑上部岩石多为厚层与薄层灰岩互层, 中下部为泥岩与泥岩夹层互层。受构造影响, 不同区段, 岩性差别较大。山体自 390 m 标高以下, 多为第四系坡积、洪积物, 以粉质粘土为主, 厚度几米至几十米。由于岩性的差异, 岩层风化程度较大, 泥质灰岩、泥岩受风化作用强烈, 完整性差、破碎软弱。灰岩融蚀现象明显, 见融蚀沟槽、僵石等。

2.2 边坡加固设计概况

在本工程中,根据滑坡综合治理原则和路堑自身不良地质条件确定分区治理方案。即:削坡减重、滑坡区上部松散坡体分台阶 1:1 削坡;预应力锚索加固深层不稳定岩体,并采用钻孔高压注浆,改善滑带物质强度;全长粘结锚杆与挂网喷射混凝土联合加固表层一定深度破碎岩体,提高坡体的整体完整性及强度,并阻隔地表水渗入;坡体排水采用水平疏干孔。坡脚处设置抗滑桩阻止坡体的滑动。

2.3 边坡加固施工概况

高边坡的开挖、锚固从坡顶 6 级坡面开始,采用分级开挖、分级锚固的施工顺序,即在下级坡面开挖的同时,张拉上级坡面的锚索。同时在相应坡面埋设监测仪器。整个边坡加固施工从 2001 年 8 月开始,至 2002 年 4 月结束。

2.4 监测设计概况

本监测系统本着突出关键部位、关键点和关键施工阶段的原则。将监测仪器重点埋设在主滑动区位置。另外,为预防预应力锚索应力损失过快或抗滑桩破坏等致使加固效果减弱,将重点进行位移的监测和锚索及抗滑桩应力监测。

监测内容如下:(1)锚索预应力监测:在锚具与钢垫板间埋设锚索测力计,以监测锚索的预应力变化规律及其损失情况。(2)坡体内部变形监测:采用测斜仪通过深孔测斜监测路堑高边坡深部一定范围的变形。(3)抗滑桩受力监测:在桩背埋设土压力盒监测桩体受坡体土压力情况。(4)坡体动水压力监测:在边坡主滑动面钻孔埋设孔隙水压计,监测坡体内水压变化情况及对坡体的影响。(5)坡面变形监测:用全站仪观测锚墩及路堑边坡各级平台的位移。具体的观测仪器布置如图 1,典型横断面如图 2 所示。

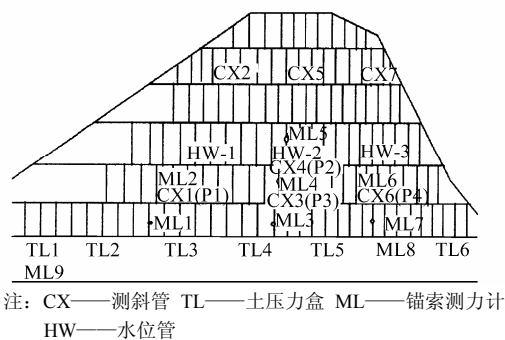


图 1 监测系统布置立面图

Fig.1 Distribution of the monitoring system

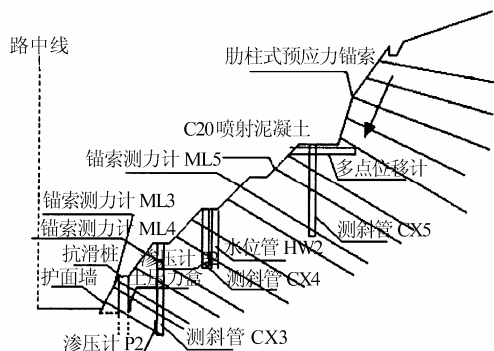


图 2 典型剖面边坡观测孔布置图

Fig.2 Distribution of the monitoring bores of typical section

3 监测资料分析

3.1 锚索预应力的监测分析

锚索应力值的变化反映了施工等外界因素对锚索预应力的影响。图 3 所示为 2 号锚索应力变化曲线图。对于该锚索的监测从 2001 年 11 月初二级坡面开挖完成后,至同年 12 月中下旬进行最后一级坡面的开挖施工,开挖速度较快,2002 年 2 月中下旬开挖完成,3 月底支护工程基本完工。从图 3 可以看出,在施工开挖期锚索应力呈增长趋势,经现场巡查发现,自 12 月下旬,边坡 5 级坡面后缘也开始出现裂缝,且 2002 年 1 月份裂缝开展速度较快,最大裂缝达到 2 cm 多。到 2002 年 4 月支护工程完成后锚索应力才停止增长。同期,埋置于抗滑桩上的土压力计示值也呈较大幅度的增长。究其原因这是这段时期开挖速率较快,致使边坡出现滑移趋势。据此观测,施工单位减缓了施工进度,对施工工艺及时进行了调整,保证了施工安全。



图 3 ML2 锚索应力变化曲线图

Fig.3 Fluctuation curve of stress of the second prestressed cable ML2

另外,从图 3 还可以看出,该锚索在 2001 年 11 月 3 日张拉完成后的 10~15 d 内,锚索的预应力处在不断的变化过程中,总体呈下降趋势,这种预应力的损失在本工程中主要是由于锚夹具的影响、岩体性质(软岩)、外界因素(特别是爆破)所造成的,故在锚索张拉锁定后 15 d 左右进行补偿张拉是

对预应力补偿的最有利时机。

3.2 土压力观测结果分析

土压力计埋设于坡脚处的抗滑桩上,用于监控边坡前沿的位移状况。图4为4号土压力计的压力变化曲线图。可以看出,压力计值在施工期间同锚索测力计值一样上下波动,说明这段时间坡体应力正处于不断的调整过程中,且随着支护工程在2002年4月初竣工,压力值仍呈增长趋势,到2002年5月中旬即加固完成1个多月后,应力值开始趋向平稳。说明坡体内部应力平衡的建立需要较长时间。对于类似边坡加固工程,在开挖的同时应实时进行支护,以给应力平衡的建立提供时间,避免滑移趋势的产生。

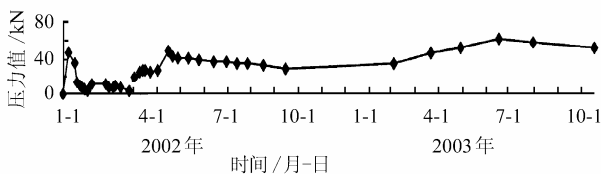


图4 TL4号土压力计观测曲线

Fig.4 Fluctuation curve of stress of soil of TL4

3.3 水平位移观测结果分析

测斜仪是通过测量测斜管轴线与铅垂线之间夹角的变化量,来监测边坡侧向位移的高精度仪器。由于岩土边坡破坏的主要形式是侧向变形,所以水平位移监测是岩土边坡监测中最重要的监测项目之一。

上述由于边坡开挖速率较大而引起锚索预应力增加、土压力计值增长的现象在钻孔测斜中(见图5)也得到了反映,从2001年12月~2002年2月平均位移量为1.0 mm,最大为1.2 mm。但是到3月底支护工程完成后,位移量减少,接近2001年12月数值,说明锚索张拉完成后水平位移明显减小,已形成的裂隙因张拉而得到闭合,闭合量最大值1.3 mm。

对边坡工程最大的危害因素是裂隙水。由于受2003年4月初到9月底的不间断降雨的影响,到2003年雨季结束,3#测斜孔平均位移为1.3 mm,相应的引起土压力计值大幅度增长(见图4)。特别是坡体中东部,个别断面的位移量和位移速率都较大,对边坡的稳定构成严重隐患。鉴于此,及时对边坡的排水系统进行了一次排查疏通。雨季结束后,位移量并没有继续明显增大,说明边坡的排水状况得到了改善。

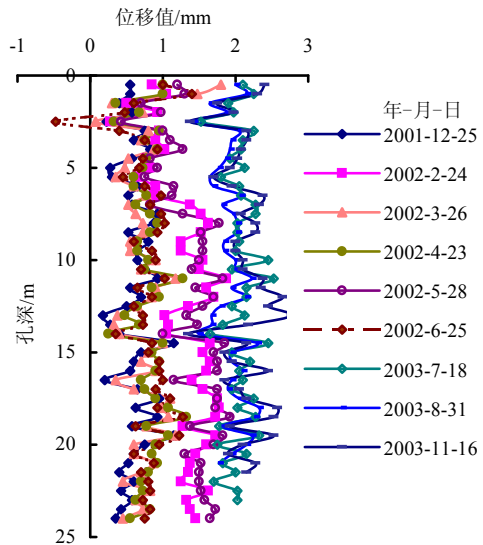


图5 3#孔位移-深度变化曲线

Fig.5 Fluctuation curve of displacement vs. depth for Bore No.3

从图5的位移曲线图上还可以看到,位移在深度方向并没有太大的突出点,说明坡体虽然受缓倾向路基的夹层影响,但并没有沿夹层滑动的趋势,只是整体处于蠕动阶段。另外,位移值并不是一直在增大,而是处在不断的波动过程中,除去观测误差,说明边坡应力场、位移场仍在不断的调整中。

3.4 渗压计观测结果分析

虽然高边坡加固治理中设置了比较完善的防、排水系统,但由于此处地段地表水补给丰富,受岩石透水性不均影响,地下水多沿断层及节理渗流,并在局部严重赋水。受岩石夹层影响,在坡体1、2级坡面形成集中出水面。

由图6可以看出,P4渗压计的压力变化曲线反映了坡体内部渗水压力的变化,雨季到来时,渗压计压力值增长,枯水期水压降低。但在降雨量比往年较多的2003年雨季渗水压力值再次上升,但与2002年最高值相比有下降趋势,且压力值平稳过渡,说明P4渗压计所在的西部坡体排水已较通畅。这也可从雨季西部坡体排水流畅得到证实。

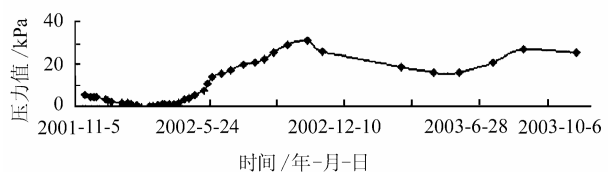


图6 P4渗压计压力变化曲线图

Fig.6 Fluctuation curve of seepage pressure vs. time for Cell P4

4 结 语

实践表明,在路堑高边坡加固工程中建立动态监测系统,能及时掌握施工和运行期边坡的变化情况,发现问题,并对设计和施工进行调整。该路堑高边坡在施工中既保证了边坡的安全,同时又确保了施工进度。从该工程实例可以看出,对一些重大的路堑高边坡,为了保证施工中边坡的安全,减少施工的盲动性,避免不必要经济损失,建立动态监测系统十分重要。现场监测对施工具有一定的指导作用,施工单位能根据现场观测结果,及时调整施工工艺和工序,在保证边坡安全的前提下,提高施工效率,加快施工进度,减少施工的盲动性。一旦发现异常现象,及时采取相应的对策,以确保边坡施工中的安全稳定。

参 考 文 献

- [1] 吕建红,袁宝远,杨志法,等.边坡监测与快速反馈分析[J].河海大学学报,1999,27(6):98—102.
LU Jian-hong, YUAN Bao-yuan, YANG Zhi-fa, et al. Study on slope monitoring and quick feedback[J]. *Journal of Hohai University*, 1999, 27(6): 98—102.
- [2] 赵长海,董在志,陈群香.预应力锚固技术[M].北京:中国水利水电出版社,2001.270—271.
- [3] 吴中如,沈长松,阮焕祥.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].南京:河海大学出版社,1990.
- [4] 李迪.岩石边(滑)坡安全监测实践[J].大坝观测与土工测试,1999,(5):3—12.
LI Di. Practice for safety monitoring of slump and slide[J]. *Dam Monitoring and Soil Test*, 1999, (5): 3—12.



岩土工程强度与稳定计算及工程应用

(张强勇编著 大32开 200千字 320页 压膜装 估价:15.00元 2005年7月出版)

本书较为全面、系统地介绍了岩土工程强度与稳定计算的一些新理论、新方法及其在实际工程中的具体应用,主要内容包括岩土介质的基本物理力学特性、脆性岩体的断裂破坏强度计算理论及在边坡支护工程中的应用、岩土锚固计算理论及其在地质灾害治理工程中的应用、地下洞室围岩稳定分析的计算方法及在隧道工程中的应用、岩土边坡与重力坝坝基的稳定性计算方法及工程应用、深基坑支护结构设计计算方法及其在深大基坑工程中的应用。书中大部分内容为作者近几年科研项目的理论研究和工程实践的成果总结。

读者对象:水利、水电、矿山、建筑、交通、民防、军工等系统科技人员和工程技术人员、高等院校相关专业师生、研究生

土木工程施工常用表格大全(配光盘)

(中国建筑工程总公司编 16开 1500千字 1136页 压膜装 估价:96.00元 2005年6月版)

本书收集了土木工程施工过程中经常要使用到的各种表格范本,主要内容包括建设工程概(预)算用表、建设工程招投标用表、建设工程安全检查用表、建设工程报监理审批用表、建设工程施工现场资料用表、建设工程质量验评用表。随书所配光盘包含了为本书精心制作的一个专用软件,读者利用这个软件,可以轻松地用电脑编辑、输出和打印各种表格。

读者对象:土木工程施工人员

(摘自《新华书目报·科技新书目》)