

测斜仪在滑坡变形监测中的应用

陈开圣¹ 彭小平²

(1. 长安大学公路学院, 陕西西安 710064; 2. 贵州省交通规划勘察设计研究院, 贵州贵阳 550001)

【摘要】 介绍了测斜仪的工作原理及其在滑坡变形监测中的应用, 并与钻探成果进行了对照。根据测斜成果曲线, 可以较好地对滑动面的分布情况、滑动机制作出某种程度的判断, 为滑坡的治理设计提供重要的依据。说明测斜仪在滑坡监测中的应用是可行的。

【关键词】 测斜仪; 滑坡; 变形监测

【中图分类号】 TU 196.4

Applications of Inclinometer in Monitoring Deformations of Landslide

Chen Kaisheng¹ Peng Xiaoping²

(1. Highway school of Chang'an University, Xi'an Shanxi 710064;

2. Guizhou Communication Planning and Prospecting Design Academy, Guiyang Guizhou 550001 China)

【Abstract】 This paper introduces mainly inclinometer's principles and its applications in monitoring deformations of landslide. Its results are compared with drilling's results. Based on inclinometer's production curve, sliding surface and mechanism are concluded in a way, which provide important information for landslide's treatment. It is shown that inclinometers monitoring deformations of landslide is practicable.

【Key Words】 inclinometer; landslide; deformation monitoring

0 引言

滑坡是山坡变形中规模较大、数量多、危害严重、性质复杂, 而且具有一定规律的一种不良地质现象。为了发现隐患, 消除危害, 有效而经济地采取滑坡整治措施, 就必须对各种山体滑坡进行监测^[1]。滑坡变形是滑坡地质结构及内、外影响因素的综合反映, 滑坡变形监测是分析滑坡地质结构、变形动态特征的依据, 是滑坡整治工程信息化设计及灾害预测、预报的可靠技术保障。其中滑坡深部位移监测是滑坡变形监测的重要内容, 对准确确定滑面位置, 研究滑坡目前性状及其发展趋势, 以及整治工程设计提供重要的信息^[2]。

1 测斜仪的工作原理

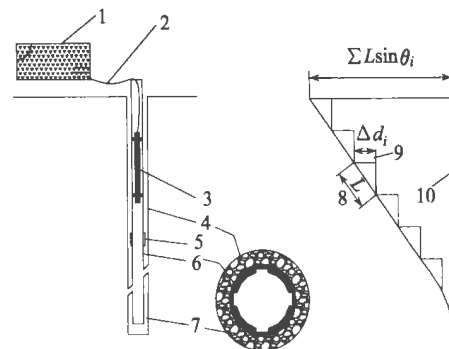
测斜仪的工作原理见图 1^[3]。当测头在测斜导管内自下而上以一定间距(0.5 m) 逐段滑动测量时, 测头内的传感器敏感地反映出测斜导管在每一深度处的倾斜角度变化 θ_i , 按测点的分段长度, 分别求出不同的高程处水平位移增量 Δd_i , 即

$$\Delta d_i = \sum L \sin \theta_i$$

由测斜管底部测点开始逐段累加, 可得任一高程处的实际水位移, 即

$$b_i = \sum_{i=1}^n \Delta d_i$$

式中: Δd_i 为测量段内的水平位移增量; L 为测量点的分段长度, 一般取 0.5 m; θ_i 为测量段内管轴线与铅垂线的夹角; b_i 为管子固定点的底端以上 i 点处的位移; n 为测孔分段数目, $n = H/0.5$, H 为孔深^[4-6]。



1. 测读设备 2. 电缆 3. 测头 4. 钻孔 5. 接头
6. 导管 7. 回填 8. 测读间距 9. 位移 10. 原准线

图 1 测斜仪的组成及工作原理

在测斜仪观测时,为了消除和减少仪器的零漂及装配误差等,应在位移的正方向及测头掉转 180° 以后的反方向各测读一次,取正反两方向测读代数差的平均值为倾角测值^[7],本次水平各分段位移计算是沿AO方向和BO方向,分别代表南北方向和东西方向的水平位移。

2 工程实例

2.1 滑坡概况

王家山滑坡位于广怀高速公路第十合同段王家山隧道北口引道K81+100~K81+280段西侧。该滑坡的活动对该段高速公路的施工及运营构成了直接的威胁,特别是该段公路在施工开挖过程中因对滑坡坡脚的破坏而产生临空面,使得滑坡整体失稳。为了掌握滑坡动态,为滑坡的稳定性评价、成灾预测、整治工程设计与施工提供依据,决定该滑坡进行监测与分析工作。本次勘察在滑坡面上共布置了12个滑坡位移监测点以监测滑坡坡面的运动规律。

2.2 监测结果

该滑坡深部位移监测成果显示,累积位移-深度曲线主要有“V”型、“D”型、“B”型、“r”型及“复合”型几种特征类型,每种曲线类型代表着不同的滑坡变形特征。

1)“V”型:曲线底部位移很小,而上部位移较大,中间没有较明显的波峰和波谷(滑动面)。如王家山滑坡主剖面中上部ZK20测斜孔位移变化特征(见图2),其中AO、BO合位移方向SSE,与滑坡主轴向近于一致,表明滑坡该部位还没有形成明显的滑动面,处于剪切蠕变阶段,但随着时间的推移,有可能在最薄弱的地方形成滑动面。

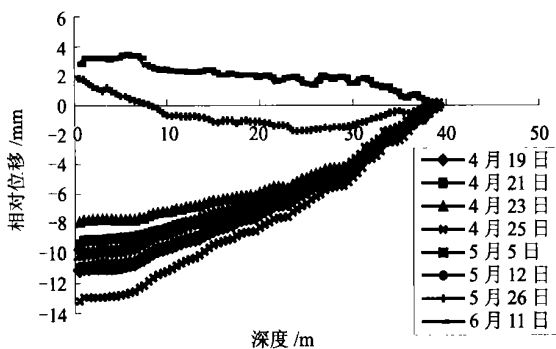


图2 ZK20测斜孔BO方向累积相对位移-深度变化曲线

2)“D”型:曲线只有一个较明显的滑面,且滑面位置较深,滑面以上滑体呈整体运动。如王家山滑坡前缘ZK10测斜孔累积位移-深度曲线(见图3),在9m处形成了明显的滑动面,位移几乎完全是曲

1~10 m孔段产生 >10 m孔段,位移曲线较平滑,滑面以上滑体呈整体运动,滑坡处于滑移失稳阶段。

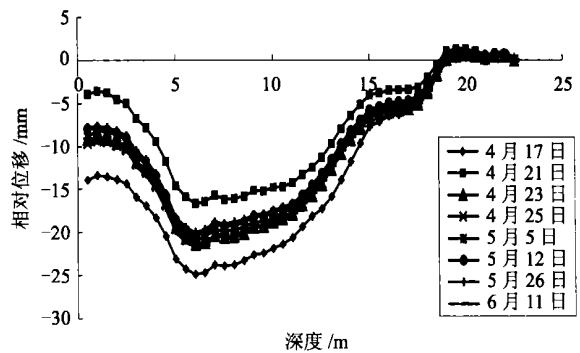


图3 ZK10测斜孔BO方向累积相对位移-深度变化曲线

3)“B”型:曲线有几个较明显的滑面,但以其中一个滑面相对运动为主,表明滑坡沿岩土体多层滑面(或结构面)滑动,但各滑块的运动速率不一致,滑坡处于蠕变-滑移阶段。如王家山滑坡坡壁前沿扰动变形区ZK19测斜孔BO方向累积位移曲线(见图4)所示,在16.5、10.5、9.0和6.0 m处,形成了较明显的滑动面,且以16.5 m处的最深部滑面运动为主。表面滑坡在沿多滑面滑动的同时,且有以16.5 m处最深层滑面呈整体破坏的趋势。

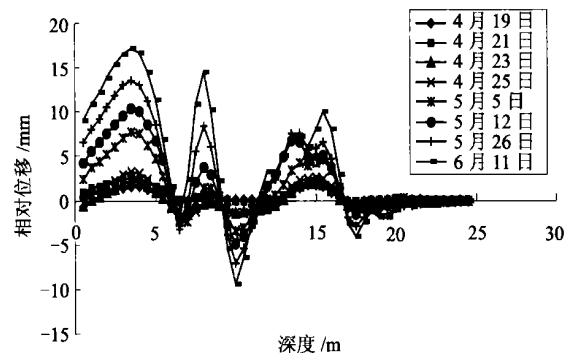


图4 ZK19测斜孔BO方向累积相对位移-深度变化曲线

4)“r”型:曲线显示在滑坡较浅部已形成明显的滑动面,且位移相对较大,而下部位移较小,表明滑坡在监测时段内以浅层整体滑移为主。这类曲线如王家山滑坡侧缘ZK27测斜孔位移曲线(见图5)所示,在地面以下9.5 m处形成了较明显的滑动面,滑动面以上位移较大,而下部位移较小。

5)“复合”型:曲线变化在AO方向呈现一种形态,在BO方向又呈现另一种形态或滑坡变形位移前一阶段显示某种曲线特征,而后一阶段又显示另一种曲线特征(图6)。ZK17测斜孔AO方向累积位移前期曲线形态呈“V”型,而后期在15 m及10 m

处有向“r”型发展的趋势。

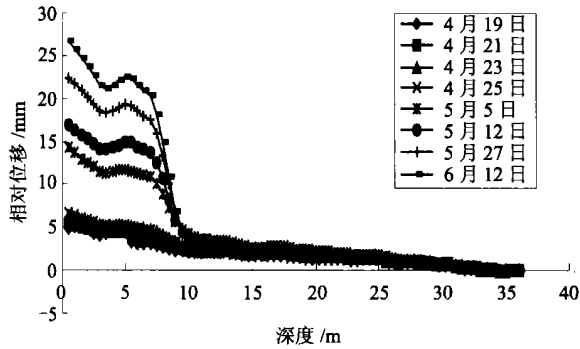


图5 ZK27测斜孔BO方向累积相对位移-深度变化曲线

2.3 滑坡滑动性质判识

根据监测资料可以对滑动面的分布情况、滑动机制作出某种程度的判断。王家山滑坡主滑纵剖面上的ZK15、ZK16测斜孔前期位移都较小,没有形成贯

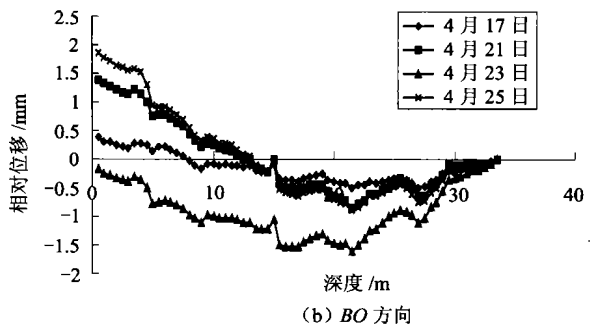
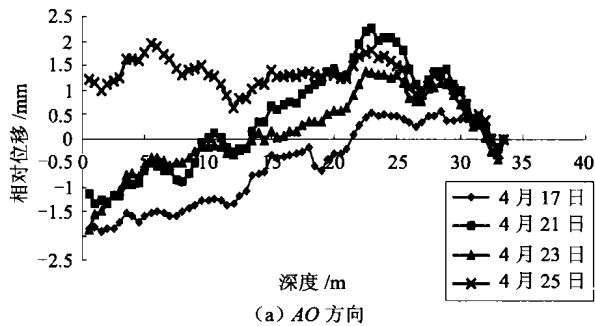


图6 ZK17测斜孔累积相对位移-深度变化曲线

3 结论

1)滑坡深部位移监测是研究滑坡深部位移特征行之有效的手段,它不仅能及时发现滑动面的发生、发展及其位置,而且可反映滑坡的变形机制及发展趋势。

2)滑坡深部位移变形有“V”型、“D”型、“B”型、“r”型、“钟摆”型及“复合”型等几种曲线形态,每种曲线形态可反映滑动面(或潜在滑动面)的位置和滑坡变形发展过程,同时可反映滑坡的滑动性质。当累积位移曲线形态呈“钟摆”型时,滑坡处于相对稳定阶段;呈“V”型、“B”型时,滑坡处于潜在滑动阶段;呈“D”型、“r”型,且位移速率较大时,滑坡处于失稳破坏阶段。

3)根据滑坡深部位移监测资料,可研究滑坡的稳定性判识,确定滑坡临界失稳速率,对防灾预报和整治工程设计提供信息,实践表明,测斜仪在滑坡监测中的应用是可行的。

通性滑动面的迹象。但近来监测资料成果显示,已有沿ZK18测斜孔距孔口12.5m处、ZK19测斜孔距孔口11.5m处形成潜在贯通性滑动面的迹象。这与ZK18测斜孔附近中部隆起带和ZK19测斜孔后缘拉裂带的剧烈变形是一致的。这也是路基边坡坡脚开挖后使得滑坡体产生临空面这种人为因素引起坡体失稳和4月中、下旬该地连降暴雨诱发坡体失稳的反映。王家山滑坡主滑纵剖面上的ZK18、ZK19测斜孔在2004年5月以前,位移都较大,但自5月中旬起,滑坡变形有所减缓,这是由于路基边坡施工过程中刷坡减荷后将土石方堆于坡脚起到暂时支挡坡体下滑作用和该段时间天气晴朗的原因所造成的。可见人类活动和大气降水是王家山滑坡变形发展的主要原因。为了验证测斜成果的准确性,进行了工程地质钻探,结果发现在测定各滑动面的位置上两者是比较吻合的。说明测斜仪在滑坡监测中的应用是可行的。

参考文献

- [1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京:地质出版社,1994:78-85.
- [2] 马永潮. 滑坡整治及防治工程养护[M]. 北京:中国铁道出版社,1996.
- [3] 吕建红,袁宝远. 边坡监测与快速反馈分析[J]. 河海大学学报,1999,27(6).
- [4] 南京水利科学研究所土工研究所. 土工试验技术手册[M]. 北京:人民交通出版社,2003:409-414.
- [5] 袁怀宇. 软土地基路堤测斜仪的应用介绍[J]. 公路2003(5):131-134.
- [6] 薛桂玉,李民,何金平. 三峡工程中高边坡测斜仪的施工埋设与监测[J]. 大坝观测与土工测试,1999,23(1):5-7.
- [7] 葛折圣,黄晓明,王自. 土体测斜仪在软基段路基变形检测中的应用[J]. 公路交通科技,2003,20(4):26-29.

收稿日期:2005-07-11