

燕家台碎裂岩质边坡变形体变形规律研究

王成¹, 陈昌彦², 杨素春², 魏云杰³

(1. 北京市路政局门头沟公路分局, 北京 102300; 2. 北京市勘察设计研究院有限公司, 北京 100038;

3. 北京工业大学城市与工程安全减灾省部共建教育部重点实验室, 北京 100124)

摘要: 燕家台碎裂岩质边坡是区域地质构造多次反复作用而形成的, 其复杂多变的工程地质条件给工程设计和施工带来了极大的困难。通过对大量的边坡监测资料分析, 选取具有代表性的断面进行研究, 人为扰动和降雨是边坡位移的主要控制因素。将边坡变形演化分5个阶段, 分析了滑体的变形规律并提出支护建议, 为公路边坡的设计和施工提供了依据。

关键词: 碎裂岩体; 岩质边坡; 变形监测; 稳定性

中图分类号: P642; TU457 **文献标识码:** A

1 引言

燕家台碎裂岩质边坡位于北京市门头沟区清水镇燕家台村西双大路。工程区位于北西向次级断裂构造与沿河城断裂带交汇地带, 受区域地质构造的多次反复作用, 节理裂隙和劈理构造非常发育, 岩层发生强烈的褶皱变形, 产状变化较大, 甚至发生倒转。区内边坡岩体破碎-极破碎(图1)。公路边坡开挖后变形主要表现为后缘出现张拉裂缝, 裂缝宽度超过30 cm, 而前缘岩土体发生了崩塌。由于该边坡的地质条件复杂多变, 边坡的变形、稳定性既受结构面力学性质控制, 又受岩块力学性质控制^[1], 要在工程设计和施工阶段准确无误地评价和预测边坡岩土体的稳定状况, 现有的技术手段还存在较大的困难^[2]。而通过现场监测并对测试数据分析推断坡体变形发展趋势, 是确保预测可靠性的最有效手段^[3]。因此, 本文根据该公路边坡工程的实际特点, 选取具有代表性的断面, 采取了坡体深部位移监测、地表位移监测及裂缝监测的方案。通过对深部位移监测数据的研究, 得到边坡的潜在滑动面, 分析了滑体的变形规律并提出支护建议, 为公路边坡的设计和施工提供了依据。



图1 燕家台碎裂岩体

Fig. 1 Yanjiatai cracked rock mass

2 工程概况与地质条件

该路段设计主要为两级台阶状挖方边坡, 按1:0.75设计坡度开挖, 并形成高15~25 m左右的人工边坡, 自然斜坡坡向与公路走向基本直交, 边坡岩体的总体产状为 $175^{\circ}\sim 210^{\circ}/19^{\circ}\sim 24^{\circ}$ 。

2.1 地形地貌

工程区在区域上位于太行山脉的延伸地带, 整体上为构造剥蚀低山地貌, 海拔一般约为670~930 m, 整体地形呈北西高、东南低。工程边坡位于走向近东西向的较平缓山梁的阳面斜坡上。自然斜坡坡向与公路走向基本直交, 坡角约 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, 斜坡两侧

均发育冲沟,中部两条小冲沟。

2.2 地层岩性

(1) 第四系堆积层

第四系主要分布在沟谷两侧的河流阶地及其底部与山坡表层,按成因可分为人工堆积层、坡洪积层、残坡积层及风积层。

(2) 寒武系中统毛山、馒头组岩层(ϵ_2 m)

区域地质上,基岩地层主要为场地北侧的中元古界的青白口系和蓟县系的灰岩、砂岩等,而在场区内及其以南主要出露地层为中寒武统的页岩、泥岩、灰岩和白云岩等地层。根据本次地质调查和钻探揭露,该边坡揭露的基岩地层主要为钙质页岩、炭质页岩、泥岩及泥质白云岩为主,局部发育砂岩透镜体,大约 12.7~29.0 m 以下发育泥质白云岩。目前开挖的边坡岩体则以各种页岩和泥岩互层为主,局部发育砂岩透镜体,其中钙质页岩为灰绿-灰黄色并夹有棕红泥岩,炭质页岩为灰黑色。边坡岩体的总体产状为倾向 $175^\circ \sim 210^\circ$ / $19^\circ \sim 24^\circ$,但由于受地质构造的影响,岩层发生强烈的褶皱变形,产状变化较大,甚至发生倒转。工程区内边坡范围的页岩和泥岩为极软岩,全-强风化,碎裂状结构、散体状结构、层状碎裂结构,岩体基本质量等级为 V 级。下部的泥质白云岩,一般为强风-弱风化,岩体结构主要为破碎-较破碎、碎裂块状-层状结构岩体基本质量等级为 IV 级。

2.3 地质构造

现场地质调查表明,边坡北侧不远处为沿河城断裂带的分支构造,断裂构造的产状为倾向 150° / $60^\circ \sim 70^\circ$,场区西侧有北西向次级断裂构造通过与沿河城断裂带斜交。虽然场区边坡岩体岩层整体为向南倾斜,但因沿边坡走向发育两个规模较大的次级褶皱,使得地层产状发生较大的变化,褶皱东、西两翼大部分向南偏西方向倾、西翼近核部向北东方向陡倾。测量的主要节理裂隙可划分为两组,走向分别为北东、北西两个方向,倾角较陡。

2.4 水文地质条件

调查表明,雨季因降雨入渗可能形成局部基岩裂隙水,主要分布在山体内破碎岩体的裂隙或破碎带中,顺坡向下迅速排泄,其水量不丰富。

3 边坡监测结果分析

根据上述布置,边坡各点监测数据曲线见图 2~4,图中曲线为 2008 年 4 月份至 10 月份测斜管深度-位移曲线,从图中可以得出:

(1) 边坡的变形主要发生在 0~25 m 的范围

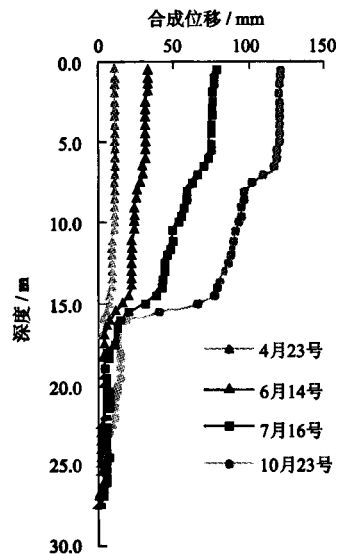


图 2 测斜管 1 深度-位移曲线

Fig. 2 Depth-displacement curve for test tube one

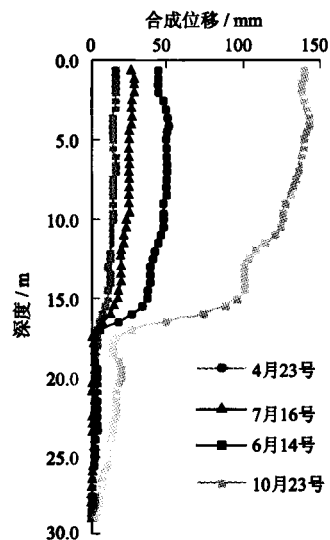


图 3 测斜管 2 深度-位移曲线

Fig. 3 Depth-displacement curve for test tube two

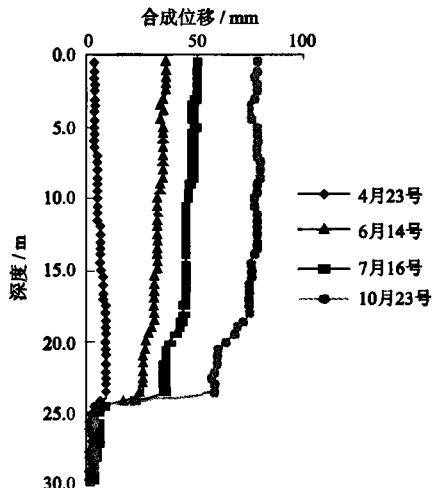


图 4 测斜管 3 深度-位移曲线

Fig. 4 Depth-displacement curve for test tube three

内,这个深度相当于开挖边坡引起的“强卸荷区”^[4]。边坡变形表现出上部变形量比下部变形量大,在某一深度以上坡体的变形基本相同。

(2) 深孔测斜可以准确反映边坡滑动面位置与坡体随深度的位移变化情况。

图2中6 m和图3中11 m处都出现了变形拐点,这是由于边坡第一台阶的开挖,产生了卸荷回弹效应,第一台阶岩体沿层面发生了较小的错动。

(3) 图2中14.0~16.0 m、图3中15.0~17.0 m和图4中23.0~25.0 m之间的位移有突变,在此深度以上的范围内变形具有很好的同步性和一致性,表明在这个深度上存在特定的软弱结构面并且倾向坡外,控制了结构面以上坡体在开挖卸荷过程中的整体回弹变形,并且对边坡的整体变形起到主要控制作用,若不及时支护,最终产生滑坡。

图5为测斜管1深度点位移-时程曲线,从图中可以看出:

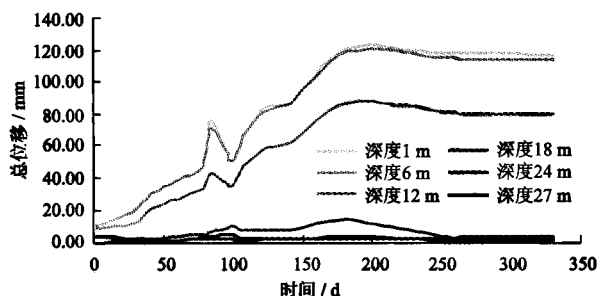


图5 测斜管1深度点位移-时程图

Fig. 5 Displacement - time graph for test tube one

可以把位移-时程曲线划分为5个阶段:边坡开挖后78 d内呈等速蠕变,变形缓慢平缓;78~84 d呈加速蠕变,这是因为雨季降雨入渗形成基岩裂隙

水,加速了岩体的变形;84~99 d内通过削去第一台阶变形体后变形减小;99~183 d内因为第二台阶的开挖边坡又呈等速蠕变;183 d以后通过在削去第二台阶变形体并用挡土墙支护后位移开始逐渐收敛并趋于稳定^[5]。

4 结论及建议

(1) 人为扰动和降雨是边坡位移的主要控制因素。燕家台碎裂岩质边坡透水性强,降雨条件对边坡稳定性影响很大。

(2) 边坡发生由表及里的回弹变形,伴随着变形的发展,边坡的潜在滑动面不断在孕育、发展演化,如不及时支护,最终进入累进性破坏滑动面贯穿。

(3) 建议使用锚索加格构的支护措施控制岩体的变形,保持公路边坡的稳定。

(4) 强降雨加速了边坡的变形发展,因此,加强边坡坡面的防护,在坡顶设置截水沟以及地下水的排放对抑制边坡的变形具有重要的作用。

参考文献

- [1] 孙广忠. 岩体结构力学[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] 刘汉东, 阮飞鹏, 李国维. 粤赣高速公路k2边坡监测与稳定性研究[J]. 岩土力学, 2008, 29(12): 3365-3369.
- [3] 李永江, 陆阳, 何斌. 岩质高边坡变形与稳定的综合监测[J]. 路基工程, 2009, (2): 129-131.
- [4] 孙健, 陈明晓. 高速公路开挖边坡变形监测与分析[J]. 广东公路交通, 2008, (2): 15-18.
- [5] 祁生文, 杨小永, 伍法权, 等. 沙湾水电站原厂房后边坡变形体变形规律研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16: 451-455.

DEFORMATION BODY IN YANJIATAI CRACKED ROCK SLOPE

WANG Cheng¹, CHEN Chang-yan², YANG Su-chun², WEI Yun-jie³,

(1. Beijing Road Political Bureau Mentougou Road Sub-bureau, Beijing 102300, China; 2. BGI Engineering Consultants Ltd., Beijing 100038, China; 3. The Key Laboratory of Urban Security and Disaster Engineering, Ministry of Education, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Yanjiatai cracked rock slope was formed by the repeated regional geological structuring. The complex and ever-changing conditions of engineering geology has brought great difficulties to engineering design and construction. In this paper, select a representative cross-section to study through a large number of slope analysis of monitoring data. Man-made disturbance and rainfall are the main control factors of slope displacement. The deformation evolution of slope is divided into five phases, deformation regularity analysis of slip body and support recommendations can made to aid slope design and construction.

Key words: cracked rock mass; rock slope; deformation monitoring; stability

作者简介: 王成(1972—),男,汉族,四川蓬溪人,高级工程师,研究方向:公路工程管理。