

巴东新县城白岩沟公路岩石高边坡治理设计实录

官善友^{1*}, 廉宏涛²

(1. 武汉市勘测设计研究院, 湖北 武汉 430022; 2. 信阳工程地质勘察院, 河南 信阳 464000)

High Rock Slope Remedial Case Studies of Baiyangou Highroad in Badong County

Guan Shanyou, Lian hongtao

摘要:以竣工验收的岩石高边坡治理工程为实例,阐述了位于长江三峡库区巴东新县城中环路白岩沟公路岩石高边坡稳定性分析方法,针对不同坡段地质条件进行了治理方案比选,论述了预应力锚杆、地面排水工程设计计算方法,阐明了主要设计方案和边坡长期监测要求。

关键词:岩石高边坡;治理;设计

1 引言

近年来,长江三峡库区的一些县城由于移民,或工程建设的需要,部分新建公路必须在半山腰切坡修建,因此人工形成了岩石高边坡。对于这些岩石高边坡,因专项治理资金所限,或对其危险性认识不足,仅部分及时进行了治理,其他没有治理的边坡(稳定性较高者除外),虽然切坡时处于稳定或临界稳定状态,但因时空效应,岩石风化,水的侵蚀以及岩体卸荷裂隙等的影响,逐渐处于欠稳定状态或不稳定状态,对周围环境形成较大潜在危险,急需治理。

2 工程概况

白岩沟公路岩石高边坡位于长江三峡库区巴东新县城中环路白岩沟段,为移民迁建需要修筑中环路削山而成。修建该段中环路时未对形成的岩石高边坡进行治理,由于坡体岩石结构存在不稳定的因素,表层岩石风化程度较高,加上削坡后部分坡段产生卸荷裂隙,边坡稳定性降低,中环路建成几年后,该段边坡坡面岩块、土块经常坠落,严重时出现局部小规模岩崩,危及中环路过往车辆及行人安全,对其实施治理迫在眉睫。

白岩沟公路高边坡北面起点为大坪加油站,西端终点接白岩沟桥,边坡总长252 m。北段坡高9.5~34.0 m,坡角70°左右,边坡倾向270°;边坡在中段向西近垂直转弯,西段边坡倾向354°,坡面稍缓,坡角59°,边坡高度6.7~31.0 m。

3 地质条件

组成白岩沟公路岩石高边坡的岩层为三叠系中统嘉陵江组(T_2)含泥质灰岩,上覆厚度1.5~2.0m的第四系残、坡积层。

3.1 地质构造及岩性

边坡岩层为单斜构造,岩层产状 $6 \sim 340^\circ \angle 38 \sim 46^\circ$ 。主要发育3组裂隙,产状分别为① $270^\circ \angle 70^\circ$;② $130^\circ \angle 70^\circ$;③ $180^\circ \angle 41^\circ$ 。

边坡坡面未发现有明显位移的断层,但顺层发育有4~5条层间滑移带,滑带内碎裂岩、糜棱岩及扁状角砾岩发育,并有泥化现象,厚度一般小于1 m。

三叠系中统嘉陵江组(T_2)含泥质灰岩呈中~厚层状,隐晶~微晶结构,块状构造。坡面未发现较大规模溶洞,但溶槽、溶沟较发育,溶蚀深度不大。

3.2 水文地质条件

灰岩中的地下水主要为岩溶裂隙水,赋存于岩溶裂隙中。由于白岩沟岩石边坡高出现有中环路,加上溶洞不发育,故场区地下水埋藏较深,即使在小~中雨天坡面也没有较大地下水外泄。

4 边坡治理分析

4.1 边坡稳定性分析

控制岩石边坡稳定性的主要因素为软弱结构面,包括断层、裂隙、层面、软弱夹层、层间滑移带等。白岩沟岩石边坡发育的软弱结构面主要为裂隙、层面、层间

* 收稿日期:2005-08-13

作者简介:官善友(1968—),男,高级工程师,注册土木工程师(岩土),主要从事岩土工程、地质灾害治理等技术管理工作。

滑移带。作边坡裂隙与边坡倾向的赤平投影(见图1),分析裂隙与边坡的相对关系:北段边坡①组裂隙倾向虽然与边坡倾向一致,但倾角与坡角相等;②组裂隙倾向与边坡倾向反向斜交;③组裂隙倾向与边坡倾向正交;三组裂隙均不会造成北段边坡失稳。西段边坡①组裂隙与边坡倾向近正交;②、③组裂隙倾向与边坡倾向反向斜交;三组裂隙也不会对西段边坡稳定性造成较大影响。因此,影响边坡整体稳定性的因素为岩层层间。由于层间滑动带顺层发育,其抗剪强度和岩石结构面差别不大,可与岩石结构面一同分析其稳定性。

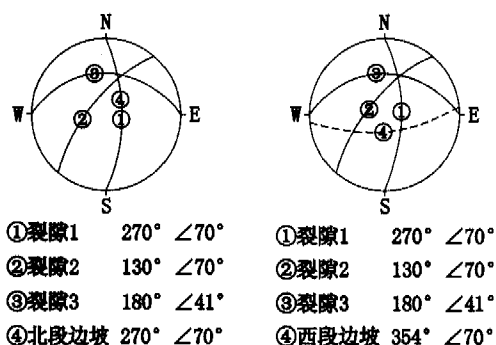


图1 白岩沟岩石边坡裂隙、坡向赤平投影

西段边坡岩层产状 $6^\circ \angle 38^\circ$, 与边坡 ($354^\circ \angle 70^\circ$) 呈顺向斜交, 夹角较小, 且岩层倾角小于坡角, 稳定性较差。北段边坡岩层产状 $340^\circ \angle 46^\circ$, 与边坡 ($270^\circ \angle 70^\circ$) 近正交, 稳定性较好。

4.2 边坡治理方法

白岩沟公路高边坡最大高度达34.0 m, 属高边坡, 边坡紧邻巴东新县城至西壤坡的交通要道中环路, 周围有大坪加油站、白岩沟桥、白岩沟小学, 失稳后危害性大, 社会影响恶劣。因此, 选择合适的支护方法尤为重要。

(1) 喷锚网

对于稳定性较好的坡段, 治理主要目的是防止边坡坡面岩块、土块坠落, 阻止坡面岩石进一步风化, 防止坡面遭雨水冲刷, 可采取喷锚网对坡体进行支护。喷锚网锚杆长度应超过岩石风化破碎层厚度, 锚入稳定岩层2 m。

(2) 预应力锚杆加固

对于稳定较差坡段, 被垂直层面裂隙切割、可能沿层面滑动的岩块, 及顺层发育层间滑移带的坡段, 由于边坡岩层整体稳定性较差, 需要对该段边坡进行锚固治理, 将坡面不稳定岩层通过预应力锚杆锚固在深部稳定岩层中。预应力锚杆长度应通过边坡稳定性计算确定。

(3) 喷射混凝土

对于边坡整体稳定性较好, 坡面岩石风化不严重、裂隙不发育或发育深度小的坡段, 边坡治理的主要任务是防止岩石风化及水的侵蚀, 可将坡面松散岩、土块清除, 然后喷射混凝土, 既可将裂隙充填, 保护坡面, 又可起到坡面防水作用。

(4) 灌浆

对于外张宽度较大、连通性较好的裂隙, 可以向裂隙中灌浆, 注满缝隙, 起到增强边坡岩层整体强度和稳定性的作用。

4.3 水的防护

坡面挂网喷射混凝土后, 为使边坡岩体裂隙中的裂隙水及时排泄, 需在坡面设置泄水孔, 泄水孔间距根据岩石风化程度、裂隙发育程度安设, 但最大距离不宜超过5 m。为了减少雨天山上下流雨水对坡面的冲刷, 可在坡顶设置顺坡走向的排水沟, 将坡顶以上面流集中在排水沟内, 顺沟排泄。

5 边坡治理方案

5.1 边坡治理设计计算

(1) 预应力锚杆设计计算

白岩沟边坡预应力锚杆加固坡段为顺向坡, 岩石呈厚层状, 控制边坡稳定性的主要软弱结构面为岩层层面和层间滑动带, 按照极限平衡法, 取岩层层面或层间滑动带为滑动面, 计算边坡整体稳定性, 求取下滑力。下滑力求得后, 按照下式计算预应力锚杆的锚固力:

$$P_t = \frac{F}{\sin(\alpha + \beta) \tan \varphi + \cos(\alpha + \beta)} \quad (1)$$

式中, F ——边坡下滑力(kN);

P_t ——锚固力设计值(kN);

φ ——滑动面内摩擦角($^\circ$);

α ——预应力锚杆与滑动面相交处滑动面倾角($^\circ$);

β ——预应力锚杆与水平面的夹角($^\circ$)。

(2) 排水沟设计计算

①地表汇流量计算

地表排水工程应根据边坡范围、重要程度, 选定某一降雨频率作为计算流量的标准。当缺乏必要的流域资料时, 可以按照中国公路科学研究所的经验公式计算地表水汇流量:

$$\text{当 } F \geq 3 \text{ km}^2 \text{ 时, } Q_p = \psi_s S_p F^{2/3} \quad (2)$$

$$\text{当 } F < 3 \text{ km}^2 \text{ 时, } Q_p = \psi_s S_p F \quad (3)$$

式中, Q_p ——设计地表汇流量(m^3/s);

S_p ——设计降雨雨强(mm/h);

ψ_s ——径流系数;

F ——汇水面积(km^2)。

②排水沟过流量计算

边坡排水工程水力设计,应在确定地表汇流量的基础上,确定排水沟断面或校核排水沟过流能力。排水沟过流量计算公式为:

$$Q = WC \sqrt{Ri} \quad (4)$$

式中, Q ——过流量(m^3/s);

R ——水力半径(m);

i ——水力坡降($^\circ$);

W ——过流断面面积(km^2);

C ——流速系数(m/s),宜采用(5)式计算:

$$C = R^{1/6} / n \quad (5)$$

式中, n ——糙率。

5.2 边坡治理方案

白岩沟公路高边坡治理采取了喷锚网、预应力锚杆、喷射混凝土、坡顶地面排水等方法,主要方案如下:

(1) 喷锚网

①锚杆采用普通砂浆锚杆,直径 $\phi 50$ mm,锚杆长度4.0~6.0 m。水平向间距2 m,垂直排距2 m。锚杆水平下倾 15° 安放。

②锚杆主筋采用1 $\phi 22$ 螺纹钢,通长配置,外端伸入喷射混凝土的锚固长度400 mm。

③钢筋网间距 250×250 mm²,保护层厚度不小于30 mm。

④喷射混凝土面层厚度150 mm,分两次喷射。初喷混凝土厚度70 mm,钢筋网敷设后再喷射80 mm。混凝土设计强度等级 C_{25} 。

⑤挂网喷射混凝土面设泄水孔,采用 $\phi 40$ mm PVC管,长度600 mm。泄水孔安置在裂隙较发育坡面,孔距、排距为4 m左右。泄水孔入水端加滤网,深入岩石裂隙不少于200 mm。

(2) 预应力锚杆

①预应力锚杆直径 $\phi 110$ mm,轴向抗拔力设计值360 kN。锚杆总长度15 m,其中锚固段长度8 m,自由段长度7 m。

②预应力锚杆主筋采用1根 $\phi 32$ 直径k40Si2MnV高强度精扎螺纹钢(JL785级),其屈服点强度 ≥ 785 MPa。

③锚杆尾端设钢垫板和调整台座,分级施加预应力至设计值后锁定在稳定岩石上。钢垫板的尺寸、厚度通过岩石承载力验算确定。

(3) 喷射混凝土

①喷射混凝土之前须将坡面松散的岩、土块清除;

②喷射混凝土厚度100 mm,混凝土强度等级 C_{25} ;

③分两次喷射混凝土,第一次喷射厚度40 mm,待达到设计强度的50%后,再喷射厚60 mm的混凝土。

(4) 排水沟

在边坡顶部设排水沟,沿边坡走向布设,排水沟断面尺寸经计算设计为800(宽) \times 500 mm²(深)。排水沟用毛石混凝土砌筑,沟内沿铺设厚150 mm C_{25} 细石混凝土。每20 m设温度伸缩缝,伸缩缝用沥青封闭。排水沟与边坡坡顶间距2.0~3.0 m。

6 边坡监测

白岩沟公路岩石高边坡治理属特种工程,应做好治理后的边坡变形长期监测工作。在边坡坡底、坡中及坡顶每隔一定间距(一般不超过50 m)设变形观测点,自治理工程完工后,半年内每月观测2~3次;以后5年内每半年观测3~6次;5年以后每年观测3~4次。当边坡观测数据出现异常应及时与设计单位联系,采取必要的应急措施。

7 结 语

(1)白岩沟公路岩石高边坡治理工程于2002年10月竣工,为巴东新县城第一个公路岩石高边坡治理项目。经过3年多的考验,未发生边坡变形破坏,岩、土块坠落等现象,使用效果良好。

(2)针对边坡的整体稳定性、岩石的风化程度、裂隙发育程度,采取了喷锚网、预应力锚杆、喷射混凝土、地面排水等方法对边坡进行治理,其成功经验对类似工程具有参考价值。

(3)因边坡较陡,采取喷锚网、喷射混凝土治理后的坡面难以绿化,治理工程整体美观不好,在以后的设计中应注意环保设计。

参考文献

- [1] GB50086-2001. 锚杆喷射混凝土支护技术规范.
- [2] 铁道部第一勘测设计院. 铁路工程地质手册. 北京: 中国铁道出版社, 2001.