

# 某省道边坡稳定性分析与防护设计

蔡敏

(邵阳市城市规划设计研究院, 湖南 邵阳 422000)

**摘要:** 以某省道中的一段为例, 对其边坡的稳定性进行计算分析, 结合现场情况, 采取格构梁+锚杆+植被砼的综合防护措施对边坡进行防护处理。实践证明, 格构梁占地面积小、技术成熟、整体稳定性好, 结合植被砼、喷播植草等绿化措施, 可达到边坡加固与美化的双重效果。

**关键词:** 公路; 边坡; 稳定性分析; 防护设计; 格构梁; 锚杆; 植被砼

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0063-03

近年来, 随着城镇化的推进, 工程建设力度加大, 产生大量裸露边坡, 其中不乏植被难以生长的石质边坡。若不进行有效防护, 未来项目运营将存在很大安全隐患。该文对某省道边坡稳定性进行计算分析, 采取格构梁+锚杆+植被砼的综合防护措施对其进行防护, 为同类边坡治理提供参考和借鉴。

## 1 工程概况

某省道中的一段, 施工开挖过程中道路东北侧坡顶及坡面多处产生裂缝, 坡体变形、下滑, 局部路段发生垮塌(见图 1)。



图 1 边坡垮塌现状

### 1.1 地质条件及岩土分布特征

根据地质钻孔结果, 该道路位置岩土层自上而下分别为: 含砾粉质黏土( $Q^{cl+dl}$ ), 为中硬土; 强风化砂岩( $C_1c$ ), 为极软岩; 中风化砂岩( $C_1c$ ), 为较软岩; 中风化炭质页岩( $C_1c$ ), 为极软岩; 中风化灰岩( $C_1s$ ), 为较硬岩。

已开挖边坡处于道路东北侧, 总长度约 260 m, 高 5.4~19.7 m。上覆第四系含砾粉质黏土, 下伏石炭系砂岩、炭质页岩及灰岩, 岩层产状变化较大, 倾

向  $120^\circ \sim 150^\circ$ , 倾角  $40^\circ \sim 50^\circ$ 。根据不同地形特征, 以 K0+180 为界, 分两段进行描述:

(1) K0+060—180 段。边坡长 120 m, 高 7.5~16.0 m, 开挖坡度  $32^\circ \sim 54^\circ$ , 坡向  $220^\circ$ 。为岩土混合边坡, 坡体上部出露地层为含砾粉质黏土, 厚 3.0~5.2 m; 下部为强风化砂岩和 中风化炭质页岩, 岩体破碎, 岩层产状与坡体呈顺向斜交。根据现场调查, 坡体上部土体已出现开裂、下滑迹象, 坡面岩体在雨水冲刷和风化作用下亦出现开裂、崩塌, 坡体稳定性较差。

(2) K0+180—320 段。边坡长 140 m, 高 5.4~19.7 m, 开挖坡度  $26^\circ \sim 42^\circ$ , 坡向  $220^\circ$ 。K0+180—260 段为岩土混合边坡, 坡体上部出露地层为含砾粉质黏土, 厚 2.0~4.5 m; 下部为强风化砂岩、中风化炭质页岩, 岩体破碎, 岩层产状与坡体呈顺向斜交。根据现场调查, 坡体上部土体已出现开裂、下滑迹象, 坡面岩体在雨水冲刷和风化作用下亦出现开裂、崩塌, 坡体稳定性较差。K0+260—320 段为土质边坡, 坡体出露地层为含砾粉质黏土。根据现场调查, 坡面土体已出现崩滑现象, 后缘地面多处开裂, 前缘出现大量松散堆积体, 坡体稳定性差。

### 1.2 岩土设计参数

根据地质勘探资料, 结合有关规范及工程经验, 黏土层重度取  $18.5 \text{ kN/m}^3$ , 粘聚力取 15 kPa, 内摩擦角取  $10^\circ$ 。由于强风化砂岩岩体风化差异大, 中风化炭质页岩易风化, 砂岩及炭质页岩遇水软化易崩解, 节理裂隙发育, 强风化砂岩层重度取  $21.5 \text{ kN/m}^3$ , 粘聚力取 22 kPa, 内摩擦角取  $18^\circ$ ; 中风化炭质页岩重度取  $21.0 \text{ kN/m}^3$ , 粘聚力取 28 kPa, 内摩擦角取  $18^\circ$ 。各岩土层设计参数见表 1。

表 1 边坡岩土参数

岩土层名称	重度/ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力/ kPa	内摩擦 角/ $(^\circ)$	锚固体粘 结强度标 准值/kPa
含砾粉质黏土	18.5	15	10	40
强风化砂岩	21.5	22	18	100
中风化砂岩	23.0	300	25	360
中风化炭质页岩	21.0	28	18	100
中风化灰岩	26.9	1 000	35	1 200

## 2 边坡稳定性分析

根据 GB 50330—2013《建筑边坡工程技术规范》,可采用圆弧滑动法计算土质边坡、极软岩边坡、破碎或极破碎岩质边坡的稳定性。该方法采用瑞典条分法,土条重切向分力与滑动方向反向时,当下滑力对待;不考虑地震作用。下面以典型剖面 K0+100、K0+200 为例,对该边坡进行稳定性分析。

两断面均为岩土混合边坡(见图 2、图 3)。K0+100 边坡上覆黏土,厚度 2.0~3.0 m,坡度约 37°,下部中风化炭质页岩基本出露。K0+200 坡面上覆黏土,厚 3.0~4.0 m,坡度 30°~40°,下部强风化砂岩基本出露。

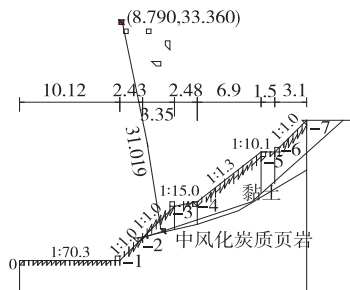


图 2 K0+100 断面计算简图(单位:m)

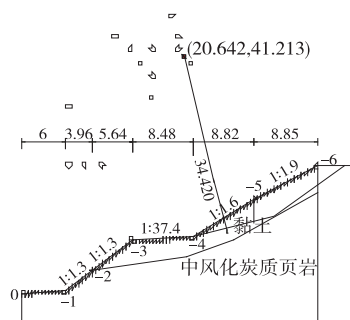


图 3 K0+200 断面计算简图(单位:m)

两典型断面的边坡稳定性计算结果见表 2。根据 GB 50330—2013《建筑边坡工程技术规范》,边坡安全等级分为二级,当边坡稳定性系数小于二级边坡稳定安全系数 1.30 时应对应边坡进行处理。

表 2 边坡稳定性系数计算结果

典型 断面	滑动 圆心/m	滑动 半径/m	稳定性 系数	稳定性 评价
K0+100	(8,790,33.360)	31.019	1.047	欠稳定
K0+200	(20,642,41.213)	34.420	1.214	基本稳定

由表 2 可知:K0+100、K0+200 典型断面的边坡稳定性系数均小于二级边坡稳定安全系数 1.30, 应对边坡进行防护处理。

### 3 边坡防护设计

### 3.1 防护方案

综合考虑该边坡的重要性、安全性及经济性,结合现状,采取格构梁+锚杆+植被砼的综合防护措施(见图4、图5)。上部土质边坡按1:1.1~1:1.6放坡,下部岩质边坡按1:1放坡,坡体中部设马道;中风化岩质边坡采用挂网喷射植被砼防护;强风化

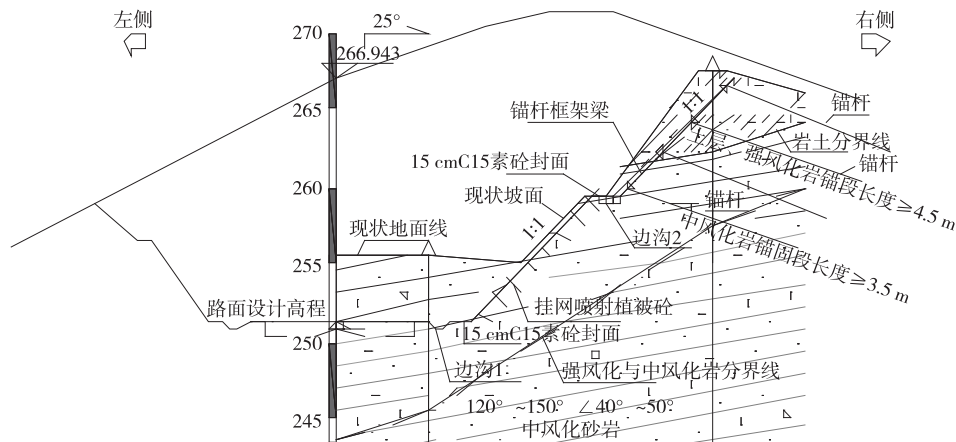


图 4 K0+100 边坡防护设计(单位:m)

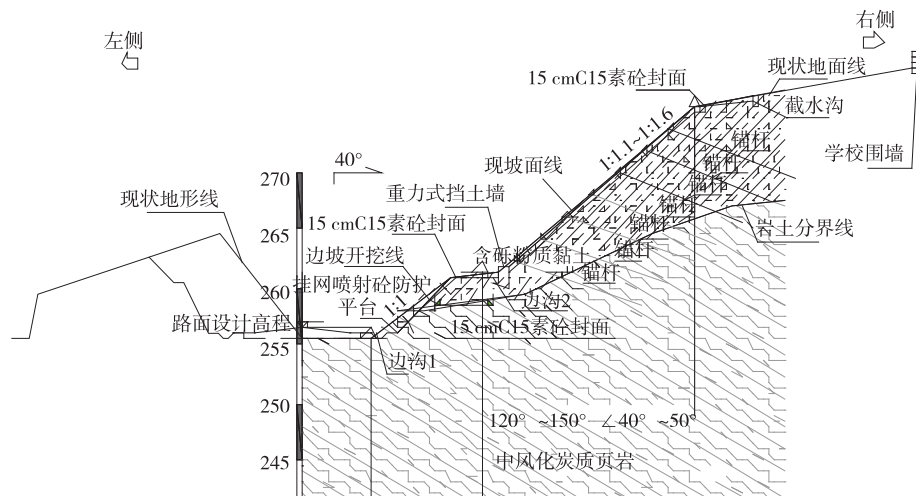


图5 K0+200 边坡防护设计(单位:m)

岩质边坡及土质边坡采用锚杆格构梁防护,并在框格之间喷播植草,美化环境,防止水土流失;坡顶及分级台阶处设置截水沟、排水沟,防止地表水浸泡、冲刷坡面。

### 3.2 结构设计

#### 3.2.1 锚杆格构梁防护

锚杆采用 HRB400 级  $\phi 28$  钢筋,下倾  $20^\circ$ ,间距 3 m。格构梁强度 C30,截面尺寸为  $400\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 。格构梁每隔 15 m 设置一道变形缝,变形缝宽 2 cm,采用沥青麻丝填塞,填塞深度大于 10 cm。格构梁上设砼截水槽,截水槽高 0.1 m、宽 0.1 m,与纵梁、横梁整体浇筑。坡面地表水通过截水槽收集,顺格构梁、排水沟、急流槽排入道路排水系统。

根据 GB 50330—2013《建筑边坡工程技术规范》计算各断面的锚杆轴向拉力标准值、锚杆钢筋截面面积、锚杆锚固体与岩土层间的长度  $l_a$ 、锚杆杆体与锚固砂浆间的锚固长度  $l_b$ ,确定采用  $616\text{ mm}^2$  (1 根  $\phi 28$  钢筋)、 $1\,232\text{ mm}^2$  (2 根  $\phi 28$  钢筋)、 $1\,847\text{ mm}^2$  (3 根  $\phi 28$  钢筋) 3 种截面面积的锚杆,锚杆锚固段对应钻孔直径为  $\phi 100 \sim \phi 130\text{ mm}$ 。锚杆实际锚固长度取  $l_a$ 、 $l_b$  中的较大值,实际最小锚固长度为 6 m,最大锚固长度为 12 m。锚杆注浆采用 M30 水泥砂浆,注浆压力不小于 0.5 MPa。

#### 3.2.2 挂网喷射植被砼防护

锚杆采用 HRB400 级  $\phi 22$  钢筋,间距  $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ ,长度 3 m (钢筋下料长度 3.6 m),与挂网网片可靠绑接。挂网网片采用  $14^\#$  镀锌铁丝网,两片网之间搭接 10 cm。植被砼分基层和面层二次喷植,基层厚度 8 cm,面层厚度 2 cm。植被砼按相关规范

要求添加绿化添加剂、腐殖质和草种等。坡面每隔 2.5~3 m 呈梅花状布置泄水孔,孔内放置  $\phi 75\text{ mm}$  PVC 泄水管。

### 4 施工注意事项

(1) 锚杆锚固段在潜在滑裂面以外,中风化岩层锚固段长度  $\geq 3.5\text{ m}$ ,强风化岩层、土层锚固段长度  $\geq 4.5\text{ m}$ 。

(2) 锚杆按孔位总数 5% 进行张拉检测。施工前进行抗拔试验,试验孔数不小于 3 孔,确保锚杆符合设计要求。

(3) 注浆采用自然排气法,通过注浆管从孔底开始注浆,孔口开始回浆则认为孔内浆已注满。注浆管放到孔底。

(4) 格构梁施工前对边坡进行修整,采用逆作法施工,从上到下分级开挖、分级支护,严禁一次开挖后全面铺开施工,上级边坡锚孔强度达到设计强度的 75% 后方可进行下级边坡施工。

(5) 植被砼施工时,清除坡体表面松动岩块和风化岩体,使其达到设计护坡坡度要求。对不平整度凹凸高差超过 50 cm 的部位,采用 M7.5 水泥砂浆砌片石填补,填补面与设计坡面齐平。喷射砼前保持岩面干净、潮湿。

### 5 结语

锚杆格构梁是一种以岩土锚固技术为特点的支护结构,其占地面积小、技术成熟、整体稳定性好,结合植被砼、喷播植草等绿化措施,可达到边坡加固与

(下转第 69 页)

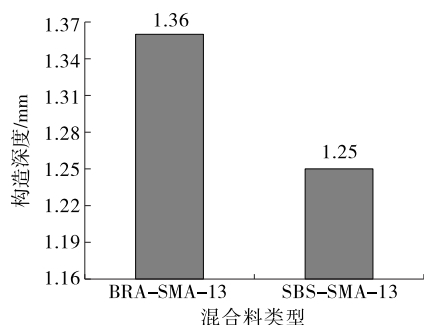


图7 沥青混合料的构造深度

由图6可知:两种SMA-13混合料的渗水系数均满足相关规范要求;与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的渗水系数降低17.1%,主要是因为玄武岩纤维吸附沥青并填充于空隙,降低了BRA-SMA-13混合料的空隙率,从而增强了混合料的抗渗能力。

由图7可知:两种SMA-13混合料的构造深度均满足相关规范要求;与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的构造深度提高8.8%,主要是因为BRA中的矿物质能替代部分矿粉及细集料,粗集料的占比增加。

### 3 结论

(1) BRA-SMA-13的动稳定度比SBS-SMA-13提高32.0%,BRA-SMA-13混合料能显著提高沥青路面的高温抗车辙能力。

(2) 与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的最大弯拉应变降低6.1%,弯曲劲度模量提高1.6%,玄武岩纤维和BRA的掺入使SMA-13混合料的低温抗开裂能力降低,但降幅较小。

(3) 与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13

混合料的浸水马歇尔残留稳定度提高4.6%,冻融劈裂残留强度比提高3.6%,其抗水毁能力较好。

(4) 与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的渗水系数降低17.1%,构造深度提高8.8%,其抗渗及抗滑能力较好。

### 参考文献:

- [1] 李瑞霞.BRA岩沥青及其混合料技术特性研究[D].西安:长安大学,2010.
- [2] 张云帆.BRA改性沥青混合料应用技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2014.
- [3] 黄文通.北美岩沥青及其混合料特性研究[D].广州:华南理工大学,2014.
- [4] 陆兆峰,何兆益,秦旻.采用天然岩沥青改性的沥青混合料路用性能[J].中南大学学报:自然科学版,2010,41(6).
- [5] 彭波.木质素纤维在沥青混合料中的应用[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2005,37(1).
- [6] 孟勇军,张肖宁,陈仕周.不同配比对Buton岩沥青影响的性能研究[J].科学技术与工程,2009,9(7).
- [7] 周国强.布敦岩沥青及混合料路用性能的试验和研究[J].石油沥青,2011,25(4).
- [8] 韦佑坡,张争奇,司伟,等.玄武岩纤维在沥青混合料中的作用机理[J].长安大学学报:自然科学版,2012,32(2).
- [9] 詹文兵.布敦岩沥青及混合料路用性能试验研究[D].广州:华南理工大学,2012.
- [10] 朱桃.布敦岩沥青(BRA)改性沥青结合料使用性能研究[D].长沙:湖南大学,2014.
- [11] 王安.玄武岩纤维SMA-13的路用性能研究与应用[D].长沙:长沙理工大学,2013.

收稿日期:2019-04-12

\*\*\*\*\*

(上接第65页)

美化的双重效果。

### 参考文献:

- [1] GB 50330-2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] DZ/T 0219-2006,滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
- [3] 高英志.锚杆框架梁加固路堑边坡的优化设计及数值模拟[J].中外公路,2010,30(3).
- [4] 张华,陆阳,程强.岩质边坡锚杆(索)框架梁加固的数值模拟[J].公路交通科技,2008,25(1).

- [5] 侯龙.非饱和土孔隙水作用机理及其在边坡稳定分析中的应用研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [6] 吴文慧.基于神经网络和突变理论的边坡稳定性评价[J].公路与汽运,2018(3).
- [7] 王智.含软弱夹层路堑边坡变形与稳定性分析[J].公路与汽运,2018(2).
- [8] 匡波.基于强度折减法的二维与三维公路边坡稳定性对比分析[J].公路与汽运,2016(4).
- [9] JTG/T 3610-2019,公路路基施工技术规范[S].

收稿日期:2019-03-29