

山区高路堤边坡防护方案优化探讨

侯信

(长沙市华南土木工程监理有限公司, 湖南 长沙 410007)

摘要:路基作为公路的主要受力结构层,其边坡的稳定性直接影响公路的安全使用,选择安全、可靠、经济的边坡防护方案尤为重要。文中以贵州省石阡至玉屏(大龙)高速公路 K57+750—810 段半填半挖路基为例,探讨右侧衡重式桩基挡土墙改为反压护道防护的可行性,为同类型路堤边坡防护方案优化提供参考。

关键词:公路;路基;边坡;反压护道;稳定性评价

中图分类号:U416.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)05-0065-03

在山区高等级公路建设中,为克服山区复杂的地形地貌限制,并满足高等级公路线形标准要求,难以避免地采用高填深挖。高填深挖路段的边坡病害存在较高风险,滑坡、塌方等问题存在较大安全隐患,极易引发自然灾害,造成巨大经济损失和不良社会影响。因此,对山区高等级公路边坡防护技术提出了很高的要求。该文结合工程实例,综合考虑高填方路堤边坡稳定性与施工经济性,优化路基边坡防护方案。

1 原设计方案

贵州省石阡至玉屏(大龙)高速公路 K57+750—810 段路基左侧为深挖路堑。左侧挖方边坡为四级,右侧采用衡重式桩基路肩挡土墙,采用 C20 片石砼浇筑,衡重式桩基路肩挡土墙下接承台,承台下为桩基,桩基直径 1.2 m、深度 10 m(见图 1)。衡重式桩基挡土墙设计参数如下:地基容许应力 $[\sigma] \geq 250 \sim 350$ kPa;墙后填土综合内摩擦角 $\varphi > 35^\circ$ 、容重 $\gamma = 18 \sim 19$ kN/m³;抗滑动稳定系数 $K_c \geq 1.3$,抗倾覆稳定系数 $K_o \geq 1.5$;基底摩擦系数 $f = 0.4$;按地震基本烈度 VI 度进行抗震设防,地震动峰值加速度为 0.05g。

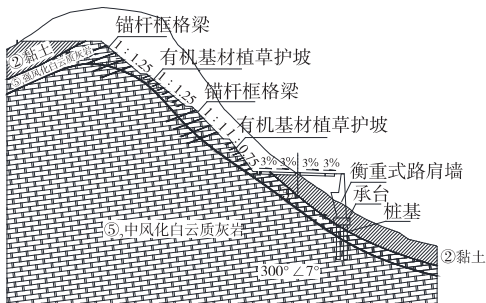


图 1 原设计方案和工程地质条件

2 工程地质条件

该路段为构造剥蚀低山地貌,现为山林,地面标高 780~700 m,地形变化较大。区域内不存在深大活动断裂,整体上新构造运动不强烈,处于地质构造活动影响相对较弱的地质环境,属于基本稳定区。

该区域揭露地层主要为第四系全更新统残坡积土层②₃和寒武系下统清虚洞组白云质灰岩⑤₁₊₂。其中:②₃黏土层以褐黄色为主,可塑性较好,切面稍有光泽,无摇振反应,韧性、干强度中等;表层含植物根系,局部含少量基岩碎块,碎石粒径一般为 1~5 cm,含量 20%,呈棱角状;层厚 0.70~2.80 m,层顶高程 699.1~762.69 m。⑤₁₊₂层为强、中风化白云质灰岩,浅灰色,隐晶质结构,中厚层状构造,主要矿物成分为方解石及少量黏土矿物;其中强风化层溶蚀现象明显,岩芯多呈碎块状,该层零星分布,揭露层厚 0.80~2.10 m,层顶高程 697.11~795.92 m,层顶埋深 0.70~2.80 m;中风化层岩石较完整,岩芯多呈短柱状、碎块状,裂隙较发育,钻探最大揭露厚度 32.10 m,层顶高程 696.01~760.89 m,层顶埋深 1.50~3.90 m。

区域内无地表水发育,未发现断层、滑坡、崩塌、泥石流、采空区、地面沉降等不良地质作用,也不存在具有开采价值的矿产资源及人类活动造成的地下建(构)筑物。总之,区域内场地整体稳定性及工程地质条件尚可。

3 填方边坡优化方案

3.1 原设计方案分析

原设计方案右侧采用衡重式桩基路肩挡土墙,

其形式简单,稳定性主要靠墙身自重来保证。与反压护道相比,其占地面积小,能就地取材进行砌筑。但由于桩基均位于山体陡坡上,开挖难度大,挖孔桩放炮易引起山体落石,危险性高;无施工平台,不利于机械化施工,且工程造价较高。

3.2 优化方案构想

优化方案拟取消右侧衡重式桩基路肩挡土墙,改为反压护道,以保证路基稳定性。路基一级边坡填筑高度为8 m,坡比为1:1.5,下设25 m反压护道;以下边坡坡比为1:2。每级边坡高度均为8 m,每级坡设2 m宽平台,平台设向外倾2%横坡便于排水(见图2和图3)。反压护道材料同一般路基,分层填筑,分层碾压,压实度92%以上。路床范围内设置3层钢丝格栅,防止路基不均匀沉降导致路面开裂。边坡采用衬砌拱护坡,喷播草灌籽。为少占土地,反压坡道复耕为林地。

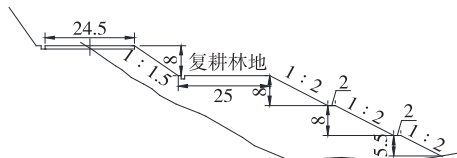


图2 反压护道横断面示意图(单位:m)



图3 施工中的路基

3.3 优化设计方案的稳定性评价

填土容重 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, 粘聚力 $c = 20 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\varphi = 26^\circ$, 采用圆弧滑动面的条分法, 分别从岩土交界面、路基本身及反压护道三部分对防护优化后边坡的稳定性进行评价。

3.3.1 岩土交界面稳定性评价

以图1所示黏土层与岩层的交界面为最危险滑动面分析其稳定性, 行车荷载换算高度 $h_0 = 0.82 \text{ m}$ 。条分法计算见图4。

根据图4, 法向力和切向力分别为:

$$\sum N_i = \sum (Q_i \cdot \cos \alpha_i) = 28\,672.3 \text{ kN}$$

$$\sum T_i = \sum (Q_i \cdot \sin \alpha_i) = 7\,421.679 \text{ kN}$$

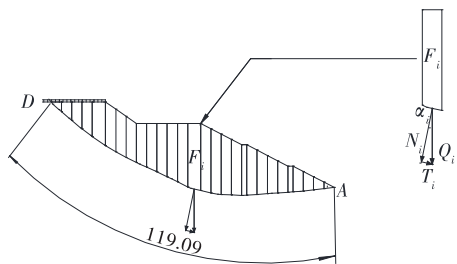


图4 岩土交界面稳定性计算示意图(单位:m)

式中: Q_i 为土条重力, $Q_i = \text{土条面积} F_i \cdot \gamma$ 。

安全系数为:

$$K = \frac{f \sum N_i + c \sum L_i}{\sum T_i} = 2.21 > 1.30$$

式中: f 为摩擦系数, $f = \tan \varphi = 0.4877$; $\sum L_i$ 为滑动面 \widehat{AD} 的长度, $\sum L_i = 119.09 \text{ m}$ 。

就岩土交界面而言, 边坡稳定性符合规范要求。

3.3.2 路基稳定性评价

路基边坡高度为8 m, 坡比为1:1.5, 行车荷载换算高度 $h_0 = 0.82 \text{ m}$ 。先采用 $4.5H$ 法作圆心辅助线, 确定5个圆心位置(见图5), 然后对5个圆心确定的5个滑动面进行条分验算, 求出每一滑动面对应的 K 值(见图6)。

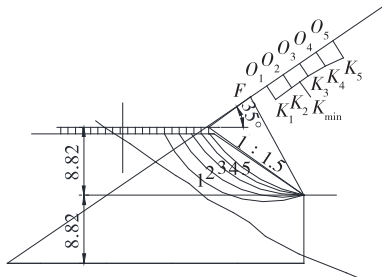


图5 路基边坡稳定性分析示意图(单位:m)

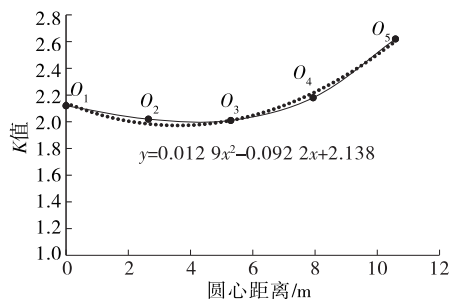


图6 路基边坡的安全系数 K

经拟合, 得出 K 值曲线公式为:

$$y = 0.012\,9x^2 - 0.092\,2x + 2.138$$

计算得 $K_{\min} = 1.97 > 1.30$, 最危险滑动面对应的最小安全系数满足规范要求, 路基边坡稳定。

3.3.3 反压护道稳定性评价

反压护道边坡高度为 21.5 m, 坡比为 1:2。先以 $4.5H$ 线法确定圆心位置(见图 7), 再对 5 个圆心确定的 5 个滑动面进行条分验算, 求出每一滑动面对应的 K 值(见图 8)。

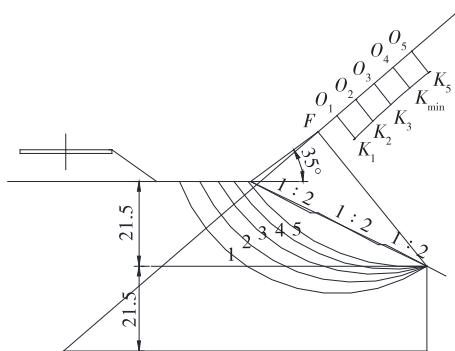


图 7 反压护道稳定性分析示意图

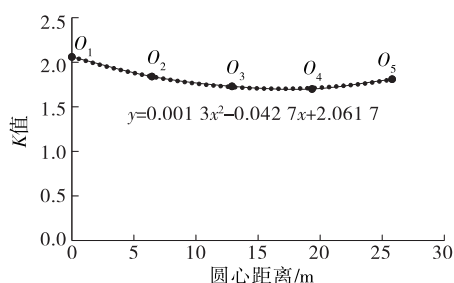


图 8 反压护道的安全系数 K

经拟合, 得出 K 值曲线公式为:

$$y = 0.001 3x^2 - 0.042 7x + 2.061 7$$

计算得 $K_{\min} = 1.71 > 1.30$, 最危险滑动面对应的最小安全系数满足规范要求, 反压护道边坡稳定。

3.4 优化设计方案的经济性分析

优化设计方案增加的工程量如下: 利用土石方 57 019 m^3 ; 衬砌拱防护 4 085.65 m^2 ; 林地 5 420

m^2 。减少的工程量如下: C20 片石砼 1 445.85 m^3 ; 带肋钢筋 217 575 kg; 光圆钢筋 2 200 kg; C30 砼 405 m^3 ; 直径 1.2 m 桩基 200 m; C15 砼 50.8 m^3 。经计算分析, 防护方案优化后, 减少造价约 150 万元, 其经济性优于原方案。

4 结语

反压护道是在软弱地基或填筑高度超过临界高度时, 为防止地基产生剪切、滑移, 在路基两侧或一侧填筑具有反压作用的一定高度和宽度的土体, 以保证路基稳定的一种方法。与其他方法相比, 该方法不需要特殊的机械设备和材料, 施工方便, 造价较低, 特别是在有大量弃方的情况下, 弃方能得到有效利用。其缺点是占地多、土地用量较大。但可在反压护道上做好排水的前提下采取土地复耕的方式尽量减少土地占用, 在地质地貌条件允许且土地占用量不大的情况下, 采取反压护道增强路基稳定性是一种可取的方式。

参考文献:

- [1] 罗治华. 山区高速公路特殊软基段处理[J]. 广东公路交通, 2018(4).
- [2] 石敏. 路堤挡土墙选型及适用条件分析[J]. 福建交通科技, 2017(4).
- [3] 屈海军. 高速公路的高边坡设计及稳定性评价[J]. 城市道桥与防洪, 2016(9).
- [4] 刘立权. 山区高速公路高边坡稳定可靠性研究[J]. 公路, 2016(1).
- [5] 赵宁雨, 梁波, 黄锋, 等. 一种填方路堤反压护道断面设计的解析方法研究[J]. 岩土力学, 2015, 36(10).
- [6] JTG B01-2014, 公路工程技术标准[S].

收稿日期: 2019-05-04

(上接第 64 页)

- [3] 王恒斌, 葛折圣. 布敦岩沥青改性沥青胶浆高温动态流变性能的试验研究[J]. 公路交通科技, 2008, 25(9).
- [4] 尹应梅, 张肖宁. 布敦岩沥青对沥青胶浆高温流变特性的影响[J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(7).
- [5] 刘树堂, 杨永顺, 房建果, 等. 布敦岩沥青改性沥青混合料试验研究[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2007, 35(3).
- [6] JTG D50-2017, 公路沥青路面设计规范[S].

- [7] JTG E20-2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [8] JTG F40-2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [9] 曾梦澜, 陈伟, 朱艳贵, 等. 布敦岩沥青湿法工艺掺量对改性沥青混合料性能的影响[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2018, 45(11).
- [10] 张博文. 岩沥青及其混合料路用性能研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.

收稿日期: 2019-03-21