

强风化泥岩高边坡综合加固与防护

朱维伟

(许昌职业技术学院 规划建筑工程系,河南 许昌 461000)

摘要:以云南某高速公路K57+675强风化泥岩高边坡为研究对象,采用强度折减有限元法求解了边坡的稳定安全系数,介绍了该边坡在削坡减载后采用钢筋锚杆、预应力锚索进行加固,并用喷射砼、六棱空心砖覆土植草、三维网植草、截水沟排水等措施进行防护的方法。该边坡的这种综合加固防护方法取得了令人满意的效果,可供其它类似的高边坡防护治理时借鉴。

关键词:强风化泥岩高边坡;安全系数;综合防护

中图分类号:U416.14 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2011)01-0009-03

泥岩高边坡在我国西南山区有着广泛的分布。泥岩在岩体中会形成软弱结构面,层间联结差。以往很多强风化泥岩边坡在施工时就发生失稳滑塌,有的在进行加固防护后一垮再垮,对人民的生命财产安全和道路的正常运营构成了很大的威胁,也造成了严重的水土流失。本文介绍了云南某高速公路强风化泥岩高边坡综合治理的成功案例,供同类边坡工程参考。

1 研究区工程地质特征

该高速公路是GZ40线在云南境内的第一段,是云南省北大门出省通往四川及祖国内地的交通大动脉。全线为山岭重丘区高速公路,设计为双向四车道,设计速度60 km/h,路基宽22.5 m。

研究区主要出露侏罗系和第四系地层。从老至新分别是:侏罗系(J)。岩性为紫红、褐红、紫灰、褐黄、灰绿色粉砂质泥岩及泥粉质砂岩、泥岩及泥粉质砂岩、砂岩不等厚互层,该段以泥岩为主夹砂岩及泥粉质砂岩;第四系(Q)。类型极为复杂,岩相多变,大致分为冲积、洪积、崩积、坡积和残积层。物质成分由亚粘土、亚砂土、砂砾石土、卵漂石土、块石土构成,分布零星,其厚度各地不同,与下伏侏罗系地层呈不整合接触。路线区域地处“川滇经向构造带”北段东缘与“华夏构造”的交结部位有一系列不同方向的构造行迹。区域内存在的北东、近南北和近东西向三组构造中,尤

以北东向构造最为发育,地质构造以复式褶皱为主,断裂构造发育较差。路线所经区域内,地震活动较频繁,根据国家标准《中国地震参数区划图》(GB18306-2001),地震峰值加速度为0.1 g,对应地震烈度为7度。

2 泥岩的性质

泥岩是一种由泥及粘土固化而成的沉积岩,其成分与构造和页岩相似但较不易碎,是一种层理或页理不明显的粘土岩。矿物成分复杂,主要由粘土矿物(如水云母、高岭石、蒙脱石等)组成,其次为碎屑矿物(石英、长石、云母等)、后生矿物(如绿帘石、绿泥石等)以及铁锰质和有机质。泥岩质地松软,固结程度较页岩弱,重结晶不明显,遇水易软化(泥化)、崩解,抗风化能力极差,浸水后强度明显降低。

3 边坡稳定性分析与评价

3.1 安全系数计算

K57+675断面坡高 $H=59.2$ m,人工成坡坡角 $\alpha=52^\circ$,边坡岩体的其它物理力学性质指标见表1。

基于ANSYS对不考虑边坡开挖过程时的稳定性进行平面有限元分析。分析中采用平面8节点单元,D-P屈服准则和位移边界条件(右边界 $X=0$,左边界 $X=0,Y=0$,下边界 $X=0,Y=0$),重

收稿日期:2010-12-30

作者简介:朱维伟(1981-),男,云南个旧人,南京林业大学博士研究生,主要研究方向为道路桥梁工程。

表 1 边坡岩体的物理力学性质指标
Table 1 Physical and mechanical properties
indexes of the slope rock mass

弹性模量 E/MPa	泊松比 μ	粘聚力 c/KPa	内摩擦角 $\phi/(\circ)$	容重 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$
6 000	0.30	105	17	21

力加速度取 $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

对不考虑边坡开挖过程的情形, ANSYS 的计算收敛且等效塑性应力并未从坡顶至坡角贯通, 说明边坡处于基本稳定状态。结合强度折减法计算其安全系数(按 0.01 步长折减)过程中, 将抗减强度折减后的 D—P 材料参数重新输入, 反复分析表明, ANSYS 在折减系数 $F = 1.09$ 时达到临界收敛, 该边坡的稳定安全系数为 $F_s = 1.09$, 等效塑性应变的仿真分析结果如图 1。

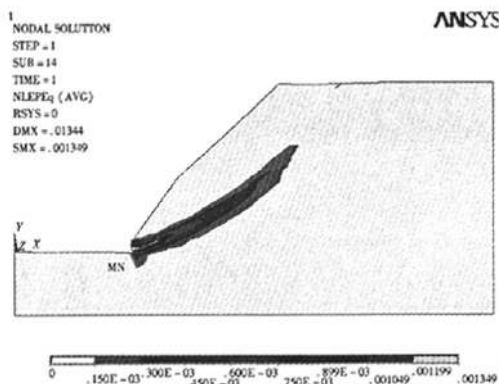


图 1 等效塑性应变

Fig. 1 Equivalent plastic strain

应当指出, 此处所做的边坡稳定性分析是对边坡作了一定的概化处理, 因为地质条件的复杂性, 实际的边坡远比文中的模型复杂。

3.2 边坡稳定性评价

从仿真分析的结果来看, 边坡潜在的滑动面基本呈圆弧状。一般来说, 有限元分析得到的安全系数是略大于极限平衡法求解所得的安全系数的^[1,2]。即有限元分析得到的安全系数相对来说是偏于危险的。该路段研究区以外的一处强风化泥岩高边坡, 在稳定性分析确定了其安全系数 F_s 大于 1 以后, 曾采用喷射混凝土对其进行简单防护, 但一场大雨后坡体仍然发生了滑动。所以, 尽管有限元分析的结果表明该边坡基本处于极限平衡状态, 但考虑到泥岩的特殊性质和工程的重要

性, 仍需对该边坡进行加固和防护。

4 高边坡综合治理

4.1 削方与加固

本段由于自然边坡高陡, 宜按岩石风化程度及坡高采取相应的措施。采用台阶式边坡, 边坡坡率为: 强风化地层 1:0.5, 顶级坡率 1:0.75。每级台阶高 12 m, 刷至自然山坡坡顶, 每级边坡顶预留 2.0 m 平台, 在有条件的高陡边坡可将中部平台加宽至 4.0 m 左右, 平台上设矩形截水沟。

一级边坡采用 $\phi 32$ 钢筋锚杆框架加固, 锚杆长度为 6 m。锚杆框架顺路线 3.0 m 一榀。二、三、四级边坡采用预应力锚索加锚杆框架梁加固, 锚杆采用 $\phi 32$ 钢筋, 长度为 8 m; 预应力锚索采用 4 $\phi 15.24$ 高强度低松弛钢绞线, 长度为 20 m。框架顺路线 3.0 m 一榀。五、六级边坡采用 C20 混凝土挂网喷锚防护。

4.2 防护工程施工

一、二级边坡框架采用六棱空心砖覆土植草、灌木防护。三级以上边坡框架内采用三维网植草防护; 在各级平台上设平台截水沟, 以排除地表水和地下水; 在刷方边坡线 5 m 以外设截水天沟一道; 平台截水沟水引入堑顶截水天沟排出; 每边坡设不少于 1 处的检查梯, 以便运营期间检查使用。该工程采取自上而下逐级开挖, 逐级加固防护。未加固防护的边坡不超过两级; 每施工一段, 加固一段, 逐级顺序推进, 避免边坡失稳。边坡开挖要求采用小炮, 将削方边坡采用光面爆破成形, 施工中切忌放大中炮。

框架施工中, 锚索框架竖肋嵌入坡体内 30 cm, 框架竖肋上下顺直, 横梁左右平齐, 为保证框架美观, 局部空洞采用了浆砌片石回填补齐, 框架横梁每隔 15 m 在中间设 2 cm 的伸缩缝一道, 缝内用泡沫板填充。

锚索施工时, 采用风动干钻进行钻孔, 以利于孔壁粗糙, 锚索孔径采用 110 mm, 在孔底留渣子存留段 0.5 m, 锚索钻孔用钻头风动洗孔, 以保持孔内清洁。锚索孔注浆时, 自孔底向上一一次性注入。正式张拉锚索前对锚索进行了两次预张拉, 正式张拉时采用分级张拉, 本工点分为三级, 分级荷载为 600 kN 的 1/3, 每次张拉值稳定 5 min, 当张拉至 600 kN 时, 观测 10 min, 结果变形稳定, 锚索保持原状。

挂网喷锚施工时, 采用凿岩机钻孔, 钻头直径

为 40 mm。施工时孔位纵横差均应控制在 50 mm 以内。根据本工程现场的地质情况,在岩层中成孔时采用六角钻杆结合高压空气清渣的方法进行成孔;在风化较严重的岩层中或富含水分的地层中成孔时采用螺旋钻杆结合高压空气清渣的方法进行成孔。凿岩机开孔后,即检查钻杆的入射角,保证施工钻中钻杆垂直于坡面,调节妥当后再边续钻进直至孔底。成孔后,从孔底到孔口一边扫孔一边输入 0.2 ~ 0.4 MPa 的高压空气,反复多次,将孔中的泥粉及水全部清出孔外,直至无大颗粒渣土喷出为止。然后用 M7.5 水泥砂浆注浆。钢筋网采用 $\phi 3-200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的铁丝网(20 #铅丝绑扎),并用 18#铅丝固定在 2.0 m $\times$ 2.0 m 的 $\phi 6$ 钢筋骨架上。喷射混凝土时,喷头与受喷面垂直,并保持 1.0 m 的距离,保证混凝土面平整。伸缩缝每 10 m 设置一道,以泡沫板填充。综合加固防护后的边坡见图 2。

5 结论

事实上,未经风化的泥岩岩体还是具有较高的稳定性的。但鉴于泥岩极其特殊的性质,在边

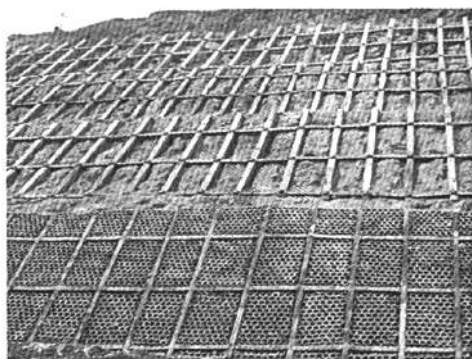


图 2 综合加固防护后的边坡
Fig. 2 Slope after comprehensive consolidation and protection

坡工程中切不可低估泥岩岩体经过风化以后给整个工程带来的危害。该高速公路 k57 + 675 全强风化泥岩高边坡在削坡减载后综合采用钢筋锚杆、预应力锚索进行加固,并用喷射砼、六棱空心砖覆土植草、三维网植草、截水沟排水等措施进行防护,取得了令人满意的效果,可供其它类似的高边坡防护治理时借鉴。

参考文献:

- [1] 孙增奎,童海涛. 岩质边坡稳定性分析中极限平衡法与有限元法的对比[J]. 岩土工程技术, 2004, 19(2): 98 - 100.
- [2] 朱维伟. 全强风化泥岩高边坡稳定性分析方法研究[J]. 林业建设, 2009(4): 31 - 34.

Comprehensive Consolidation and Protection of Intense Weathering Mudstone High Slope

ZHU Wei - wei

(Department of Planning and Constructional Engineering of Xuchang Vocational Technical College,
He'nan Xuchang 461000, China)

Abstract: Taking K57 + 675 intense weathering mudstone high slope of an Express Way in Yunnan to be an object of the study, this paper solves the safety factor by using Strength Reduction Finite Element Method, introduces the method of reinforcing by using reinforced rockbolt, prestressed cable, and protecting by concrete injecting, planting grass in six - edge hollow brick and three - dimensional net, draining away water by interceptive dike after slope cutting and load diminishing. The slope engineering has got satisfactory effect by using these methods, and it can be a good governing lesson to other similar high slopes.

Keywords: intense weathering mudstone high slope; safety factor; comprehensive protection

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)