

植被防护前后红层软岩坡面 抗冲性对比试验分析

周立荣¹, 向 波², 周德培¹

(1. 西南交通大学岩土工程系 成都市 610031; 2. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院 成都市 610041)

摘 要: 采用现场模拟降雨试验方法, 对红层软岩坡面植被防护前后的抗冲性进行研究, 得到有关红层软岩边坡植被防护前后坡面岩土의 冲蚀量、径流量、截留量等结论。研究结果为红层软岩坡面冲刷防护措施的选取提供依据, 为红层软岩坡面抗冲刷设计中的参数选取提供参考。

关键词: 植被防护; 红层; 陆相碎屑岩; 冲刷; 雨强

红层是一种外观以红色为主色调的陆相碎屑岩沉积地层, 广泛分布于我国西南地区、华中、华南和西北地区。西南的四川盆地和西北的陕甘宁盆地以及云南高原中部、南部等地, 都有完整成片的红层分布。特别是四川盆地, 是我国有名的“紫色盆地”^[1]。

随着基础设施建设进程的加快, 大量高等级公路通过红层软岩地区。红层地区地形起伏较大, 挖方边坡工程数量众多。红层软岩开挖坡面常因抗冲刷能力低, 造成浅层坡面失稳。有的坡面做了植被防护甚至浆砌片石或喷混凝土防护后, 也出现了坡面滑塌^[2], 尤其在雨季, 红层地区极易发生滑坡。1981 年四川特大暴雨期间所产生的数万个滑坡中, 多位于白垩系、侏罗系红层分布区。铁路通过红层地段几乎均会出现滑坡等地质灾害, 其中, 尤以成昆、襄渝、阳安、焦枝、鹰厦、京广(南段)等线红层滑坡较多, 有些地段还形成滑坡群区, 绵延数公里^[3]。暴雨是诱发红层边坡滑坡及浅层风化破坏的重要因素。因此本文选择有代表性的试验工点, 采用现场模拟降雨试验方法, 对生态防护前后红层软岩坡面的冲蚀规律、地表水下渗影响范围及影响效应等进行对比分析, 以掌握降雨对红层边坡浅层风化碎屑物的冲蚀规律及生态防护对红层软岩边坡抗风化崩解及浅层稳定性的影响。为红层软岩坡面防护措施和设计参数的选取提供依据, 提高抗冲刷防护工程的可靠性。

1 现场人工模拟降雨试验

降雨是引起地面水土流失以及滑坡、崩塌、泥石流等山区自然灾害的重要因素之一。因此, 在地学、农学、工程水文学等学科领域内, 许多重要的研究课题, 都要以降雨的影响因子来进行试验研究, 特别是在研究土壤侵蚀过程中, 水土流失规律及其水土保持措施和效益等方面, 运用得更为广泛。在利用天然降雨时, 常常会受到时间和地域等条件的限制, 给试验工作带来极大的困难。有效地使用人工模拟降雨装置来进行降雨试验, 是一种较理想的降雨方法, 它不受时间和空间的限制, 可以重现天然降雨, 既能节约大量的人力和物力, 又能在短时期内重复试验, 缩短试验周期。所以本文采用人工模拟降雨方法对生态防护前后的红层软岩边坡的抗冲性进行对比试验分析^[4]。

1.1 试验工点

红层边坡模拟降雨抗冲刷试验工点位于重庆市长寿区合兴乡, 为梁长(梁平~长寿)高速公路 K90+451~K90+671 段左侧路堑边坡。边坡最大高度 14 m, 设计坡比 1:1, 面积 2 785.2 m²。边坡岩层侏罗系沙溪庙组(J2s)薄层泥岩与中厚层泥岩互层, 坡脚为低矮挡墙加固, 边坡开挖已 1 年, 表层风化严重, 挡墙平台上有大量风化堆积物。边坡原设计为高强土工网喷播植草绿化, 后变更为有机基材喷播植草绿化。

1.2 试验方案

模拟降雨试验分为 2 个阶段:无植被条件下的模拟降雨试验和植被防护条件下的模拟降雨试验。首先在无植被条件下对试验区 3 个模型槽进行模拟降雨试验,模拟降雨强度分别为一般降雨强度、中等降雨强度和最大降雨强度。然后在试验区内采用有机基材喷播植草绿化,待坡面植被长势良好,试验坡面上的狗牙根覆盖厚度为 20~30 cm 时,在 3 个模型槽内重复模拟降雨试验。在试验过程中,观测雨滴被茎叶吸附、雨滴滴落、坡面干湿、形成径流等情况;同时,分别以 10 min 和 5 min 为时间段,将每时间段出水口泥水收集起来,用于数据整理和分析。

1.3 试验设计

1.3.1 人工降雨试验装置设计

模拟降雨试验设备采用 BX-1 型便携式野外降雨器。降雨器的模拟降雨原理为:在一定水压条件下,更换侧喷式喷头内不同孔径的挡水板,形成各种均匀的降雨强度,再将各个喷头组合排布,即可形成设定区域内不同雨强的均匀降雨。降雨原理如图 1 所示。图 2 是降雨器系统组成装配图。BX-1 型便携式野外降雨器通过调节不同孔径的挡水板可模拟雨强为 10~180 mm/h 范围内的人工降雨。模型槽如图 3 所示。模型槽由试验槽和集流槽组成,3 个模型槽间距均为 10 m。

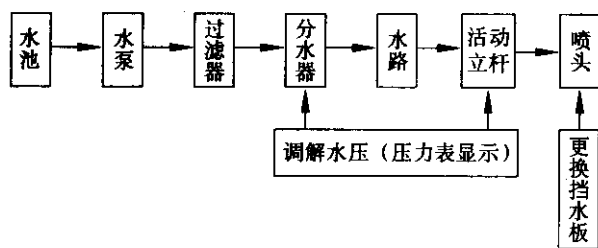


图 1 人工模拟降雨原理

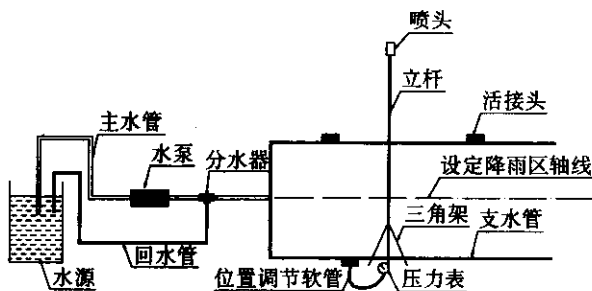


图 2 降雨器系统组成



图 3 人工模拟降雨试验区布置

1.3.2 试验参数

(1)试验槽面积。降雨试验区尺寸为:长×宽=10.5 m×3.5 m。

(2)降雨雨强:模拟降雨的设计雨强根据重庆长寿区近 3 年(2000 年~2002 年)的连续 24 h 的典型降雨资料确定。经过分析,一般降雨强度、中等降雨强度、最大降雨强度模拟试验的雨强值设计为 10 mm/h、20 mm/h、50 mm/h,实际降雨雨强现场率定。

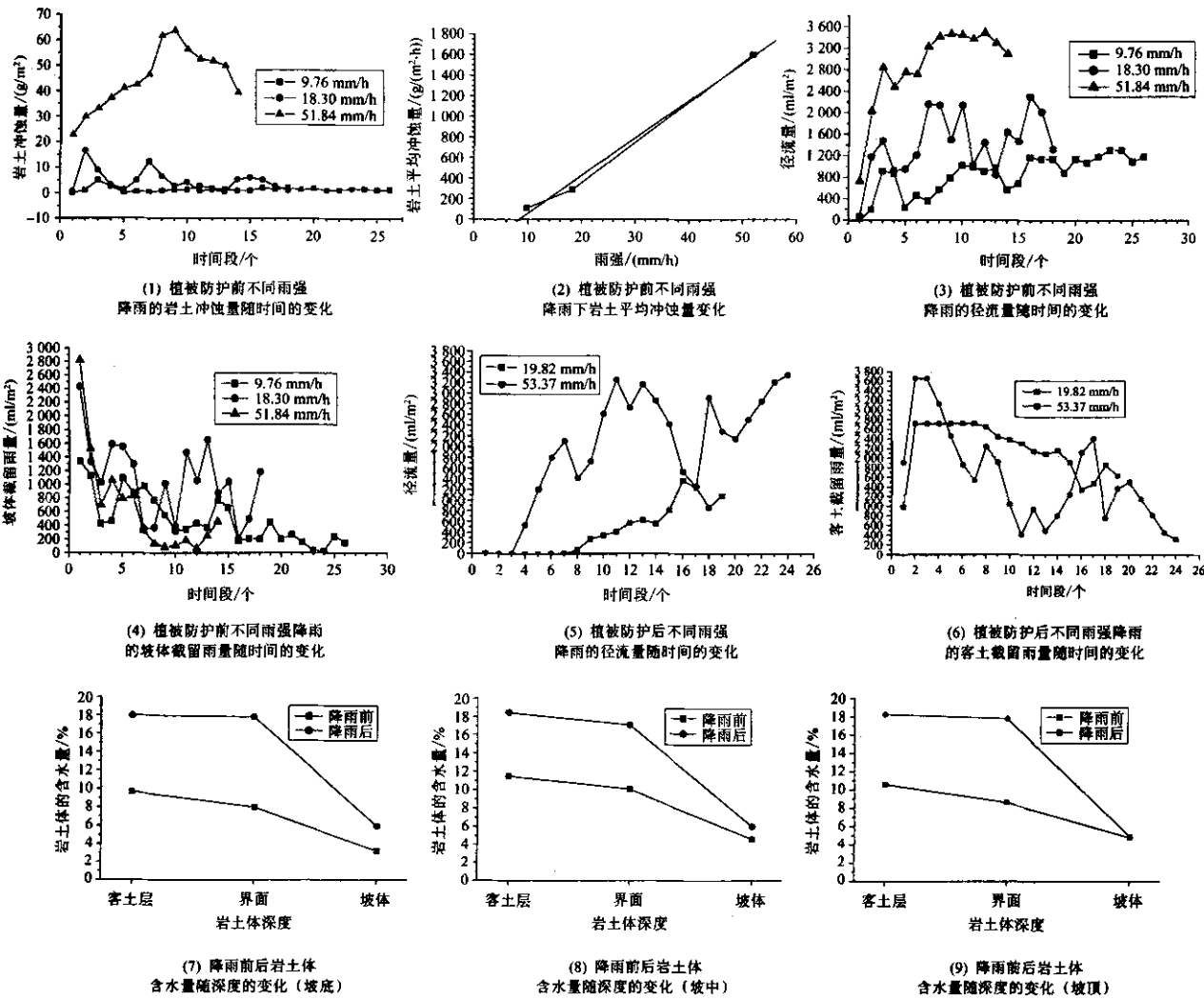
(3)持续降雨时间:一般降雨强度、中等降雨强度、最大降雨强度模拟试验的持续降雨时间为 4~5 h、2~3 h、1 h。

1.4 试验数据整理

径流量、坡体截留雨量和客土冲蚀量等数据采用下述方法获得:将试验过程中收集的泥水澄清,水和沉淀物分离,取沉淀物烘干称重,再换算成泥沙重、径流水重。降雨量与径流量、植物截留量之差即为坡体截留雨量。其中,植物对降雨的截留量通过下述简易方法确定:随机选取 1 m×1 m 的区域,沿地表刈割植物并立即称重;把称量的植物浸入水中充分浸水,然后称量充分浸水的植物;植物对降雨的截留量=(充分浸水的植物重-刚刈割的植物重)/刈割面积^[5~9]。

2 试验结果分析

将植被防护前后红层软岩坡面在不同降雨强度下边坡冲刷试验结果绘制于图 4 中。图 4 中(1)~(4)为植被防护前不同雨强降雨岩土冲蚀量、径流量、坡体截留雨量随时间的变化,图 4 中(5)~(6)为植被防护后不同雨强降雨径流量、坡体截留雨量随时间的变化。图 4 中(7)~(9)为降雨前后岩土体含水量随深度的变化。



注:一般降雨强度和中等降雨强度以 10 min 为 1 个时间段;最大降雨强度以 5 min 为 1 个时间段。

图 4 模拟降雨试验结果

植被防护前,在雨量为 51.84 mm/h 的强降雨条件下,坡面岩土冲蚀量在 45 min 时达到最大值,即 63.75 g/m²,达到稳定渗流阶段所需时间为 35 min;在雨量为 18.30 mm/h 的中等降雨条件下,其冲蚀量在 20 min 时达到 16.61 g/m² 的最大值,60 min 达到稳定渗流;在雨量为 9.76 mm/h 的一般降雨条件下,其冲蚀量在 30 min 时达到 4.92 g/m² 的最大值,达到稳定渗流的时间为 100 min。雨强为 51.84 mm/h、18.30 mm/h、9.76 mm/h 时的坡体截留雨量分别为降雨量的 18.7%、42.7% 和 36.2%,总冲蚀量分别为 1 873.11 g/m²、869.79 g/m² 和 496.79 g/m²。

植被防护后,雨强为 53.37 mm/h 的降雨持续 120 min,客土层受到雨水轻微冲刷,客土的总冲蚀量为 15.65 g/m²,客土的干容重为 1.7 g/cm³,喷射

的客土层厚 10 cm,则客土的冲蚀量仅占客土的 0.009%,冲蚀厚度 0.000 9 mm;雨强为 19.82 mm/h 的降雨持续 190 min,客土的冲蚀量为零。雨强为 19.82 mm/h 的降雨,产生径流需要 70 min,达到稳定渗流阶段需 160 min,而雨强为 53.37 mm/h 的降雨,产生径流仅需 15 min,达到稳定渗流阶段只需 55 min。同生态防护前的坡体相比,客土面没有形成细小冲沟。

3 结论

将生态防护前后红层软岩坡面模拟降雨试验结果进行对比分析,得出以下几点结论。

(1)红层边坡采用生态防护技术,能够有效地消除红层表层风化崩解碎屑的溅蚀、冲蚀,能够抵抗雨强 19.82 ~ 53.37 mm/h、持续 2 ~ 3 h 的降雨的

冲刷。

降水对土壤侵蚀作用可分为两个方面:一为雨滴打击地表所引起的土壤破坏及迁移现象;一为径流(包括地表及地下径流)的溶蚀、冲刷所引起的土壤破坏及搬运作用。引起坡面水土流失的主要侵蚀作用亦是这两个方面^[10,11]。裸露于地表的坡面受温度、气候和人类活动等外界因素的影响,风化速度明显加快^[12]。表层风化崩解的红层碎屑在雨水的作用下产生冲蚀,而且岩土冲蚀量与降雨雨强有关,雨强越大,岩土冲蚀量也越大,而且达到峰值时所需的时间也越长;在 9.76~51.84 mm/h 的雨强区间内,随着降雨雨强的增大,岩土单位时间的累积冲蚀量呈线性增加。但采用生态防护技术后,由于受到上覆的客土层和坡面植被的保护,雨滴一般先落到植被覆盖层的茎叶上,然后向周围散落,经过 2~4 次溅落后才逐渐沿茎叶流到下方的客土面,表层岩土的溅蚀、冲蚀得到有效的控制,试验过程中观测到,雨滴没有对客土层形成溅蚀,客土面也没有形成细小冲沟。红层软岩边坡采用有机基材喷播防护,可以有效控制软岩坡体的冲蚀。而且,客土层具有很强的抗雨水冲蚀性,能够抵抗雨强 19.82~53.37 mm/h、持续 2~3 h 的降雨的冲刷。

(2)红层边坡采用生态防护技术,能够延迟坡面产生径流的时间。

生态防护前后,虽然不同雨强的降雨在坡面或客土面上产生的径流量随降雨持续时间变化的趋势一致,都是由低到高,然后保持稳定,但是,采用生态防护技术却能推迟客土面产生径流的时间。雨强相同时,生态防护后客土面产生径流所需的时间比生态防护前坡面产生径流所需的时间长。雨强约 20 mm/h 的降雨,生态防护前的坡面产生径流需要 9 min,而生态防护后客土面产生径流则需 70 min;雨强约 50 mm/h 的降雨,生态防护前的坡面 2 min 左右即产生径流,而生态防护后客土面产生径流需 15 min。

(3)红层边坡采用生态防护技术,能够减小坡体雨水的渗透深度。

同表层岩土相比,客土层具有更好的吸水性和保水性。雨强相同时,生态防护后客土达到稳定渗透

阶段所需的时间比生态防护前坡体达到稳定渗透阶段所需的时间长。雨强约 20 mm/h 的降雨,生态防护前的坡体达到稳定渗透需要 60 min,而生态防护后客土达到稳定渗透需要 160 min;雨强约 50 mm/h 的降雨,生态防护前的坡体达到稳定渗透需要 35 min,而生态防护后客土达到稳定渗透需要 55 min。因客土层达到饱和状态时间较长,所以雨水向坡体的渗透速度也就较慢。生态防护后坡体的渗透深度较小,含水量在客土层和客土与坡体的界面处变化较大,坡体内变化不大,有效阻碍红层软岩在水环境和温度场作用下的进一步风化崩解。

参考文献:

- [1] 李廷勇,王建力. 中国的红层及发育的地貌类型[J]. 四川师范大学学报(自然科学版),2002,25(4).
- [2] 程强,黄绍祺,张辉,等. 红层软岩地区公路工程环境特性及公路病害调查研究[R]. 成都:四川省交通厅公路规划勘察设计院,2003.
- [3] 孔纪名,陈自生. 川东南方 89.7 暴雨过程中的红层滑坡[A]. 滑坡文集(9)[C]. 北京:中国铁道出版社,1989.
- [4] 陈文亮,王占礼. 国内外人工模拟降雨装置综述[J]. 水土保持学报,1990,4(1).
- [5] 张俊云,周德培. 厚层基材喷射植被护坡的抗侵蚀实验研究[J]. 西南交通大学学报,2002,37(6).
- [6] 范荣生,李占斌. 用于降雨侵蚀的人工模拟降雨装置试验研究[J]. 水土保持学报,1991,5(2).
- [7] 蒋德松,陈昌富,赵明华,等. 岩质边坡植被抗冲刷现场试验研究[J]. 中南公路工程,2004,29(1).
- [8] 袁建平,蒋定生,文妙霞. 坡地土壤降雨入渗试验装置研究[J]. 水土保持学报,1999,19(1).
- [9] 张丽萍,唐克丽,张平仓,等. 泥石流源地松散体启动人工降雨模拟及放水冲刷实验[J]. 山地学报,1999,17(1).
- [10] 罗斌,胡厚田,吕小平. 南方花岗岩残积层路堑边坡面冲蚀研究[J]. 铁道工程学报,1999,(3).
- [11] 陆士强,王钊,刘祖德. 土工合成材料应用原理[M]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [12] 高速公路丛书编委会. 高速公路运营管理[M]. 北京:人民交通出版社,1995.

文章编号: 0451-0712(2005)12-0063-06

中图分类号: U416.216

文献标识码: B

水泥混凝土路面断板的原因分析

谈至明¹, 刘伯莹², 唐伯明³

(1. 同济大学道路和交通工程教育部重点实验室 上海市 200092;
2. 路桥集团海外公司 北京市 100011; 3. 重庆交通学院 重庆市 400074)

摘 要: 详细分析了我国近几年水泥混凝土路面的使用状况不佳、使用寿命低于设计预期的原因, 指出车辆超载超限、工程建设质量欠佳、设计方法不够完善和养护维修水平低下是其根本原因。其中, 车辆超载超限排列首位。

关键词: 水泥混凝土路面; 结构断裂; 原因; 分析

我国从20世纪80年代起,水泥混凝土路面得到了迅速发展,1980年全国水泥混凝土路面的里程仅有1 600 km,至2004年底,全国水泥混凝土路面总里程已超过17万km,占高等级路面1/2左右,且每年增长1万多km。但是,近几年,我国水泥混凝土路面的使用状况不佳,使用寿命大大低于设计预期,尤其是一些以货运为主的重交通干道,早期损坏严重,往往在开放交通的3~5年之内,结构性损坏——断板就达到20%以上。也就是说,目前一些水泥混凝土路面不但没有体现出使用寿命长、养护费用低的优点,反而使水泥混凝土路面维修困难的弱点

进一步突显。因此,弄清水泥混凝土路面断板原因,进而研究针对性的防治措施,是目前我国水泥混凝土路面发展中亟待解决的关键问题。

1 路面板断裂类型和原因分类

从水泥混凝土路面断裂的力学特征来看,水泥混凝土路面断板可分为疲劳断裂和非疲劳断裂²两大类。疲劳断裂是指水泥混凝土路面在环境和行车荷载反复多次作用下,水泥混凝土材料损伤逐渐累积,初始微细裂隙渐渐发展形成贯穿板厚的裂缝,最终造成路面板的断裂。非疲劳断裂是指非环境和行车

基金项目:交通部西部交通建设科技项目(2002 318 822 35);上海市重点学科建设项目资助
收稿日期:2005-06-09

Analysis of Contrast Experiments on Erosion Stability of Red Bed Soft Rock Slope with and Without Vegetation Protection

ZHOU Li-rong¹, XIANG Bo², ZHOU De-pei¹

(1. Department of Geotechnique, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;
2. Highway Planning, Survey, Design and Research Institute, Department of Communications of Sichuan Province, Chengdu 610041, China)

Abstract: The erosion stability of red bed soft rock slope are studied, before and after the red bed soft rock slope is under the protection of plants, by the method of in-site artificial simulation rainfall experiments. On the basis of the test process and analyses of the test data some conclusions are obtained, such as scour quantity of rock and soil, runoff of rain, entrapped rainfall etc. These conclusions can provide guidance for protection measures selection and provide reference data for parameters selection in the process of erosion stability design for red bed soft rock slope.

Key words: vegetation protection; red beds; terrestrial clastic rock; washing-out; rain intensity