

高速公路边坡防护的降雨和径流冲刷试验研究

肖培青^{1,2}, 史学建¹, 陈江南¹, 吴卿¹, 杨剑锋¹, 杨春霞¹, 王昌高¹

(1. 黄河水利委员会 黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003; 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过 6 个不同坡度、土壤和植物措施配置的高速公路边坡模拟试验小区, 探讨了暴雨和径流冲刷条件下模拟边坡的细沟形成机理及其侵蚀特征。结果表明, 草地几乎郁闭的沙砾土坡面只在降雨末期产生少量细沟; 而种植灌木的褐黄土和料礓石的坡面细沟发育明显、形态变化复杂, 细沟最大宽度为 18.4 cm, 最大深度为 16.5 cm。因此采取工程措施与生物措施二者相结合的办法, 才能达到真正的边坡防护效果。

关键词: 边坡防护; 高速公路; 植物措施; 细沟

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)01-0016-03

中图分类号: S157.1; U417.12

Experimental Study on Protecting Speedway Slope Under Rainfall and Flow Scouring

XIAO Pei-qing^{1,2}, SHI Xue-jian¹, CHEN Jiang-nan¹, WU Qing¹,

YANG Jian-feng¹, YANG Chun-xia¹, WANG Chang-gao¹

(1. Institute of Hydraulic Research, Yellow River Conservation Commission,

Zhengzhou 450003, Henan Province, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation,

Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resource, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Six plots of simulated speedway slope with different gradients are studied. Soil and vegetation measures are made to study the mechanism and characteristics of rill development on simulated slopes under rainfall and flow scouring. The results show small rills develop on sandstone slopes planted with lawn of much cover during the final term of rainfall. However, rills develop obviously and with complex shape on loess and gravel slopes planted with shrubs. The maximum width and depth of rill is 18.4 and 16.5 cm respectively. The combination of engineering measures and vegetation measures is the best choice to protect speedway slopes.

Keywords: slope protection; speedway; vegetation measures; rill

高速公路边坡防护就是利用植物根系固着边坡表层土壤以减轻冲刷、从而减缓边坡的水流速度, 达到保护边坡的目的。利用植物进行坡面防护和侵蚀控制从 21 世纪 20 年代就已经在世界范围内出现, 发表和报道的有关综述研究和运用成果越来越多^[1-3]。随着人们对植物和侵蚀之间的因果关系和对植物防护边坡作用的认识不断加强, 边坡植物防护已被认为是高速公路安全和美化环境的重要措施之一。国际上, 很多国家已致力于这方面的研究, 制定出了比较完备的设计和施工规范。在此方面, 我国目前仍处于探索和实验研究阶段, 还基本上限制在定性和经验的发展阶段, 对植物防护边坡作用的定量研究还很落后。故此, 本部分对洛界高速公路模拟边坡不同坡比、不同立地条件拟采取的植物布置措施进行 100 a 一遇人

工模拟暴雨和径流冲刷试验研究, 观察边坡冲刷过程和检验植物措施防护效果, 以期科学设计边坡植物防护方案提供科学理论基础, 具有一定现实意义。

1 试验设计与研究方法

1.1 试验设计

关于模拟边坡植物防护作用的检验, 首先进行人工模拟降雨, 待坡面产流后, 盛满水的稳溜槽开始供水, 降雨和径流冲刷试验同时进行 30 min。经对洛阳当地 1957 年以来的气象水文资料统计, 选择高频率、短历时、大强度暴雨, 100 a 一遇 24 h 最大暴雨为 225 mm, 经推算求得的 0.50 h 的暴雨强度为 110 mm/h。试验径流冲刷量按洛阳地区暴雨发生频率在不同边坡产生的单宽流量换算到不同的试验模型而求得。试

收稿日期: 2002-05-13

资助项目: 洛界高速公路边坡植物防护设计项目

作者简介: 肖培青(1972-), 女(汉族), 河南卫辉人, 在读博士。主要从事土壤侵蚀过程机理研究。电话(029)7011787, E-mail: xiaopq@sohu.com。

验小区的宽和高均为 2 m。据洛界高速公路边坡设计的 3 种坡比 1:1.5, 1:1.75, 1:2, 分别修建不同坡比的试验小区。每种试验处理重复 3 次(表 1)。

表 1 试验设计

处理	雨强/ (mm·h ⁻¹)	供水流量/ (L·min ⁻¹)	地面条件	坡比	植物措施
1	110	160	料礓石黄土	1:2.00	黄杨
2	110	72	料礓石黄土	1:1.75	黄杨
3	110	22	料礓石黄土	1:1.50	黄杨
4	110	28	褐黄土	1:1.50	黄杨
5	110	92	褐黄土	1:1.75	黄杨
6	110	8	沙砾土	1:1.50	黑麦冬草

1.2 试验过程和观测项目

每次试验前进行降雨强度率定。径流冲刷试验中,由蓄水池加水泵和稳溜槽供水,采用阀门控制流量,用水表计时标定流量和确定流量大小。试验模型采用分层填筑办法进行填料,首先在试验槽底部装填过 1 cm 筛的当地黄壤土,根据植物根系的扎根最大深度,上面填 60 cm 厚的洛界高速公路边坡土壤,每填土 30 cm 厚用电夯机和木槌进行压实。填土完成后,装填褐黄土的模拟边坡干容重为 1.35 g/cm³,土壤含水量为 12.60%,沙砾土模拟边坡干容重为 1.54

g/cm³,土壤含水量为 10.30%,料礓石黄土模拟边坡干容重为 1.68 g/cm³,土壤含水量为 11.90%。

移栽草、灌木后进行及时的维护和管理,待其成活 20 d 左右进行人工模拟降雨和径流冲刷试验。根据边坡植物防护设计方案的植物品种和规格,灌木株行距为 50 cm×50 cm,覆盖度达到 90%以上,草本植物穴距为 30 cm×30 cm,达到郁闭度 95%以上。试验时用纤维布将模型覆盖,是消除雨滴打击力的不均匀性,待降雨稳定后揭开雨布,观测坡面侵蚀。另外,降雨时需用雨布将其它模型遮盖,以免受到影响。一次试验过程中,用测尺法每隔 3 min 量测每条细沟长、宽、深,并结合高精度照相机连续定时拍照对侵蚀沟发展过程进行观测。降雨后待模型填料稳定后,对整个坡面侵蚀沟形态进行分段测量,并拍摄照片。

2 试验结果与分析

2.1 坡面侵蚀沟形成的机理分析

在降雨特别是暴雨并伴随径流冲刷的过程中,由于地面粗糙系数的差异对坡面径流有不同分配作用和土壤抗侵蚀力的空间差异,形成月牙形的小侵蚀穴,这些侵蚀穴进而发展为下切沟头,以溯源方式延伸并下切加深,这样坡面上细沟就产生了^[4](图 1)。

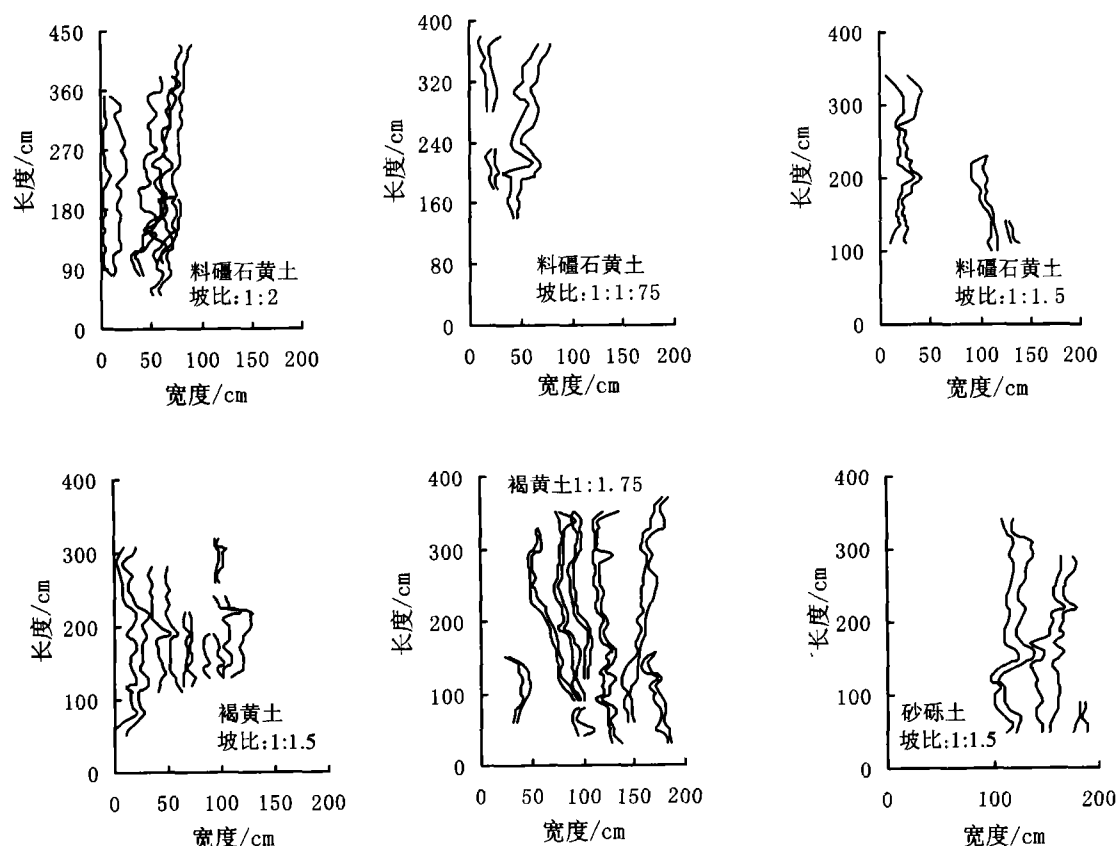


图 1 不同模拟边坡的细沟平面分布图

试验过程中发现单个下切沟头发展起来的坡面细沟比较短小,长度一般只有几十厘米左右,而位于同一流路上的数条断续细沟互相合并后,长度达到数米。在降雨一定的情况下,不同立地条件和不同植物措施配置的边坡侵蚀过程不同,因而坡面侵蚀沟的大小、多少及其形态变化有一定差异。降雨之后,通过量测不同坡面细沟的三维数据绘制的平面图(图1)来进一步观测边坡的冲刷形态,从而检验植物措施的防护效果。图1中L为小区长度,B为小区宽度。

由细沟平面分布图可见,褐黄土边坡和坡比为1:2的料礓石黄土边坡,细沟发育明显,细沟出现条数最多。细沟平面图分散和收敛现象表明在收敛的地方易于径流集中和细沟形成,而在分散处细沟较宽、深,坡面径流有较大冲刷力。沙砾土边坡只在末期产生了细沟,细沟的形态变化较小,在平面上无突变现象。不同边坡的细沟侵蚀形态差异的主要原因是填料为褐黄土的边坡,土质中壤,径流系数最大,由于暴雨作用下坡面径流具有较大冲刷作用,促使了细沟的形成与发展,试验中发现沟头的溯源侵蚀十分显著,细沟在流路上不断的分岔和合并,最后形成了较密集的细沟平面分布形式(图1)。沙砾土边坡,径流系数最小,降雨初期雨量大多渗入土壤,细沟发育无明显现象,只是在降雨后期产生了一定量的侵蚀沟。含丰富料礓石的黄土坡面,坡面径流系数大于沙砾土,随着入渗能力的减弱,地表径流逐渐增大,细沟的发展相对于沙砾土活跃,但土壤容重大,土体紧实,径流沿程糙率系数大,因而坡面细沟的出现频率较褐黄土小。

2.2 坡面细沟特征分析

植物措施的防护作用主要体现在:(1)植物截流雨水;(2)枯枝落叶层增加地表糙率,减少径流量对土壤的冲蚀。对于本次试验来说,枯枝落叶层几乎不存在,因而它的影响是可以忽略的。植被对水土流失的影响有独特的外观宏观机理及内部微观机制,在降雨量和降雨强度一定的情况下,植物措施的蓄水减蚀作用与坡面形态和下垫面特征有密切相关的关系。坡度小时,保土作用明显,侵蚀微弱;坡度较陡,侵蚀作用大。本次试验的坡面坡度接近 30° ,细沟发育速度快,不到10 min就延伸整个坡面,进一步向宽、深方向发展。褐黄土坡面细沟最大宽度为18.4 cm,最大深度为16.5 cm,细沟的平均宽度和平均深度随着长

度变化最显著,平均宽度变化于3~9 cm之间,平均深度变化于4~12 cm之间。沙砾土坡面细沟宽度和深度最小,细沟最大宽度为13.7 cm,最大深度为6 cm,细沟出现的条数最少,细沟的平均深度随着长度变化无明显变化现象。料礓石黄土坡面细沟最大长度为360 cm,细沟的形态变化介于沙砾土和褐黄土边坡之间。据有关的室内和野外资料表明^[3],细沟的宽度多为5~20 cm,细沟深度多为10~30 cm,如果超过此范围则细沟不易恢复并具有较强的冲刷能力。此次试验结果小于上述范围,该结果从理论上能说明洛界高速公路边坡植物防护设计具有一定的合理性。

3 结 语

试验中替代的草本和灌木,虽栽植时间短,根系没有达到固土能力,但在草、灌木附近几乎无侵蚀沟出现,而中间较空白地带,出现细沟的机率大大增加。植物措施的防护作用是冠层和根系的共同作用,试验中移栽的灌木相对于高速公路边坡冠幅略大,有效截留了降水,而高速公路边坡的植物种植密度大,与试验的灌木相比,能够实现植物有效防护目的,但必须要求植物种植初期有良好的整地工程,规范的穴径规格,保证边坡植物有较大成活率和郁闭度。

鉴于试验条件与实际情形的差距和一些难以确定的自然因素,尤其是非正常年份的强暴雨出现,最好是在容易遭受冲刷的褐黄土边坡和坡脚辅助配置一些工程措施,采取工程措施与生物措施二者相结合的办法,才能达到真正的防护效果,实现高速公路安全运行和美化环境的作用。

[参 考 文 献]

- [1] 王玉太,王维平,刁习全. 浅谈公路建设的水土流失原因及其防治措施[J]. 水土保持通报, 1999, 19(1): 61-62.
- [2] 李燕君,陈明德. 植物防护在边坡工程中的应用研究[J]. 地下空间, 1999, 19(5): 466-469.
- [3] 曹国银,吕常新. 高速公路路堑边坡植物防护初探[J]. 中国公路, 2002(10): 72-73.
- [4] 郑粉莉,高学田. 黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟[M]. 西安:陕西人民出版社, 2000. 52-56.
- [5] 刘元保,朱显谟. 黄土高原坡面沟蚀的类型及其发生发展规律[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1991, 第7集, 10-18.