

高速公路关庙休息站边坡保护工程之效果

许中立, 张志平, 张志豪, 陈宥任, 张婉真, 戴欣怡
(屏东科技大学水土保持系, 台湾 屏东 900)

摘 要: 台湾第二高速公路南部路段之地理位置为横跨台南、高雄、屏东三县, 沿线通过地质复杂的泥岩、砂岩及砾石层等地质区, 经常导致土壤冲蚀、边坡崩塌且有危及行车安全与公路景观。针对其中关庙休息站周边边坡所实施之水土保持处理措施进行调查与评估, 探讨不同边坡保护工程之处理情况下, 对当地之植被复育、土壤物性与边坡稳定性等影响。研究结果得知, 南二高关庙休息站周边道路边坡均属于泥岩地区, 初期所构筑的边坡过陡, 植生不易, 调查发现铺设植生网地区较容易导致土壤硬度偏高、植物生长情形不佳、冲蚀量增加, 而水泥型框工法则有较佳的边坡保护效果; 又裸露区之月冲蚀量高达 4 mm, 会导致下游排水系统淤积问题。

关键词: 泥岩; 高速公路; 植生; 土壤冲蚀

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003)04-0220-05

The Effect of Highway Slope Stability Construction
Methods at Kuan-miao Rest Station

XU Zhong-li, ZHANG Zhi-ping, ZHANG Zhi-hao, CHEN You-ren, ZHANG Wan-zhen, DAI Xin-yi
(Department of Soil and Water Conservation, Pingtung University of Science and Technology 900, Taiwan, China)

Abstract: The south section of 2nd highway, across the areas under the jurisdiction of Tainan, Kaoshon and Pingtung, were built in mudstone, sandstone and gravel stratum areas. These complex geology stratum areas cause serious problems of soil erosion, landslide, traffic safety and landscape destroyed. This research used Kuan-miao rest station on 2nd highway as a investigation site, with six kinds vegetation engineering construction works of slope stability, to investigate the cover ratio and soil characteristic and compared the soil and water conservation effect of construction works. The results show that, Kuan-miao rest station situated at mudstone area and the slope designed so steep to influence the vegetation grow and slope stability, thus cause many soil erosion and landslide. The vegetation net well caused soil hardness and influence the vegetation grow. The slope protect effect of concrete free-frame construction work was better than the others. Otherwise, there was much soil erosion from bare area, about 4 mm permonth, which still need sediment clean work frequently.

Key words: mudstone; highway; vegetation; soil erosion

1 前 言

“交通建设”为基本建设之重要一环。近年来,有鉴于生活品质之提升,人民对于交通便利性需求提高,早期所兴建的第一高速公路已不符使用,几乎每到假日或上下班尖峰时间就动弹不得,于是自 1984 年开始进行第二高速公路的建设计划。而第二高速公路南部路段之地理位置横跨台南、高雄、屏东三县,其中包括台南新化至屏东九如之主线及支线,总长为 96 km。沿线通过地质复杂的泥岩、砂岩及砾石层等地质区,经常导致土壤冲蚀、边坡崩塌且有危及行车安全与

公路景观情形。高速公路局大都有以紧急处理方法来稳定坡面,并尽量改善植物生育环境,最后再依经验选择适于当地环境之工法以及植物材料进行植生复旧工作,以达到兼具防灾与景观美化之效果。然而仍不免发现有许多新的崩塌或旧崩塌扩大的情况发生,几经整治都无法达到完全的防治功效,并一直是高速公路局技术人员的困扰。虽然过去在规划设计阶段也曾经委托过专家学者进行可行性评估与试示范试验工作,但考虑整个计划期程与民众需要,等不及试验调查结论的提出就开始动工兴建,故完工后到处产生边坡崩塌滑落灾害,使得公路管理单位的边坡维修工作负担颇大。而

¹ 收稿日期: 2003-07-25
作者简介: 许中立,男,台湾屏东科技大学水土保持系助理教授。

关庙休息站兴建在关庙层(厚层粉砂夹泥岩)渐变古亭坑层(厚层泥岩及薄层页岩互层)之区域上,为第二高速公路南部路段中点为最具代表性之位置。又基于交通安全观点,利用休息站周边道路边坡调查,可避免于高速公路之路肩停车调查时的风险,较容易建立长时间的观测试区。

本研究透过现场调查与试验分析相互配合,对关庙休息站周边边坡所实施之水土保持处理措施进行调查与评估,了解这些边坡保护工程对当地之植生复育、土壤物性改善与边坡稳定等之影响。希望能够对第二高速公路南部路段关庙休息站之边坡保护措施进行评估,并将研究成果提供政府相关部门在未来进行道路边坡维护计划或后续其它研究时之参考。

2 试验材料与方法

2.1 试验地概况

本研究之试验地系位于第二高速公路南部路段关庙休息站周边道路边坡,其现场相关位置图如图 1 所示,共可分为 6 区,其概略情况如下:

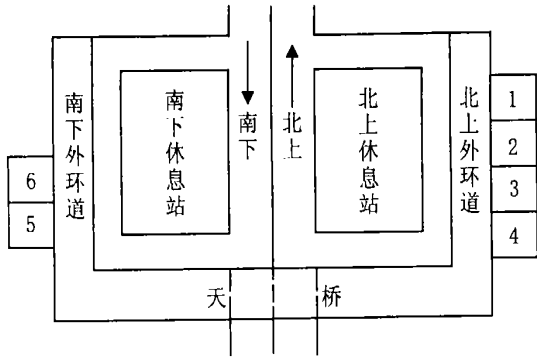


图 1 关庙休息站之试区位置示意图

(1) 第 1 试区:为水泥型框工法区,平均坡度为 31.5°;平均坡长为 13 m、平均坡宽为 47 m,试区面向西,坡面采用水泥型框工法,植生方法采用客土袋植生工法,原植生草种为百喜草与百慕达草。

(2) 第 2 试区:为裸露区,平均坡度为 29.5°;平均坡长为 18.3 m、平均坡宽为 9 m,试区面向西,为原先道路边坡之崩塌,未做水土保持处理,而采用自然入侵方式。

(3) 第 3 试区:为植生网植生工法区,平均坡度为 35.8°;平均坡长为 13.7 m、平均坡宽为 19 m,试区面向西,坡面铺设植生网,原植生草种应为百喜草与百慕达草。

(4) 第 4 试区:为西向坡植生网植生工法而已有崩塌情形地区,平均坡度为 37°;平均坡长为 8.3 m、平均坡宽为 9 m,试区面向西,坡面原先铺设植生网,但目前已破损且有边坡崩塌情形,原植生草种应为百喜草与百慕达草。

(5) 第 5 试区:为遮光网遮盖区,平均坡度为 31.2°;平均坡长为 4.6 m,平均坡宽为 3.6 m,试区面向东,坡面采遮光网铺设之处理方式,植生方法采用自然入侵方式。

(6) 第 6 试区:为东向坡植生网植生工法而已有崩塌情形地区,平均坡度为 41.6°;平均坡长为 11 m,平均坡宽为 9

m,试区面向东,坡面原先铺设植生网,但目前已破损且有边坡崩塌情形,原植生草种应为百喜草与百慕达草。

依据‘中央气象局’公布资料显示,台南县关庙地区周边气象站有古亭坑站、关庙站及虎头埤站等 3 个气象资料站。经调查过去 10 年降雨资料显示,关庙休息站位处亚热带气候区,其年平均雨量为 2 126 mm,降雨多集中于 5~9 月份,占全年总降雨量之 92%,平均气温为 23.54℃,全年月温度均在 16~28.5℃ 之间。

本试验区位于台湾西南部泥岩区内,地层以第三纪上新世南化泥岩为主(又称古亭坑层),主要岩性以深灰色泥岩为主,含多量有孔虫化石,偶夹有黄褐色细粒而胶结松散的薄层砂岩。泥岩因其胶结性差,遇水软化容易产生崩塌,边坡植生的复育一直是本地区水土保持的重要课题。

2.2 调查试验方法

本研究于上述地区进行试验调查工作,以定期(一个月)定点之采样分析方式,期能探讨已施工完成之高速公路泥岩边坡保护工程之水土保持处理效果,并包括现有处理之植生差异性与边坡稳定性之关系。惟基于调查工作进行的安全性考量,乃以关庙休息站的 6 个主要代表性工法之边坡为探讨对象。

(1) 地形测量:量测上述各试区之周边地形,分析各试区地形变化,以供后续实验之用。

(2) 土壤分析:

A. 土壤质地:机械分析,采吸管法。

B. 土壤比重:比重瓶法分析。

C. pH 值:以 1:1、1:2、1:5 之水土比,用 pH 值测定计测定之。

D. 阿太堡限度:以液限仪与搓揉法测定土壤液性限度、塑性限度。

E. 有效磷:采白雷氏法,利用光电比色计(波长 660 μm)分析测定之。

F. 交换性阳离子(钾):用中性醋酸铵淋洗样本,利用火焰光度计测定其含量。

G. 土壤全氮含量:用凯氏法分析测定。

(3) 土壤冲蚀:于试验区中设置二条测线,分别于上、中、下坡面定期以架设纹沟测定板测定,且配合数码相机拍摄并数字化计算,求出当月冲蚀情形,再与 USLE 公式所推算值比较。其中 USLE 公式内各参数选定依据水土保持技术规范中规定,详细说明如下:

A. 降雨指数(Rm):本研究选择距离关庙休息站最近的尖山碑站与古亭坑站之年降雨指数加以平均,再乘以过去 10 年降雨资料之每月份降雨比例为加权值,求出月降雨指数。

B. 土壤冲蚀指数(Km):本试验选择高雄县关庙站之土壤冲蚀指数为 0.044 8。

C. 坡长因子(L):依据现场测量资料求出每试区平均的坡面水平长度,由于均大于 5%,故 m = 0.5,代入计算式求出坡长因子。

D. 坡度因子(S):由于本试验区都属于人工开挖修整

之边坡,故可视 为均匀坡处理,乃利用现场测量观测之平均坡度,代入公式求出坡度因子。

E. 覆盖与管理因子(*C*): 利用植被调查结果,将其中有植生覆盖地区视为杂草区 *C* 值取 0.05,而裸露地 *C* 值取 1.00,再乘以覆盖与裸露的比例,即为当月份的覆盖与管理因子。

F. 水土保持处理因子(*P*): 由于试区均属新整建之坡面,故水土保持处理因子取 0.6 为原则。

(4) 土壤硬度: 利用山中式硬度计于试区中采逢机方式调查取样,取样数为 20 次,求其平均值,即为该试区当月之土壤硬度调查结果。

(5) 植群分布调查: 于试区中架设植生调查之固定桩,并每个月利用线截法的方式,调查该试区植物种类、植物适生情形及覆盖面积等。在植物社会取样调查方面,可以定量的基本介量大致可分为密度、频度、覆盖度 3 种,此 3 种基本介量单独使用时,虽可以代表该试区之植物社会的某一特性,

但因植物个体大小差异性大,若单独使用某一介量,常无法完整的将植物社会中分布情形表达出来。因此本研究乃以重要指数(Importance Value Index, IVI 指数) 来代表其定量,并比较之。

3 结果与讨论

本研究经过对第二高速公路之关庙休息站附近道路边坡保护工程,持续的进行采样调查与观测分析,得知以下之结果:

(1) 关庙休息站附近道路边坡地质多为泥岩,边坡之坡度介于 1 1.13 ~ 1 1.77 之间,部分更已超过一般土壤边坡之稳定自然植被生长的上限,植生复育必须搭配适当的基础工方能成功。而根据现地测量结果所绘制地形立体图如图 2 所示。计有西向坡四区,东向坡二区。地形以第 1、3、6 区的变化较大,其余均为均匀坡。

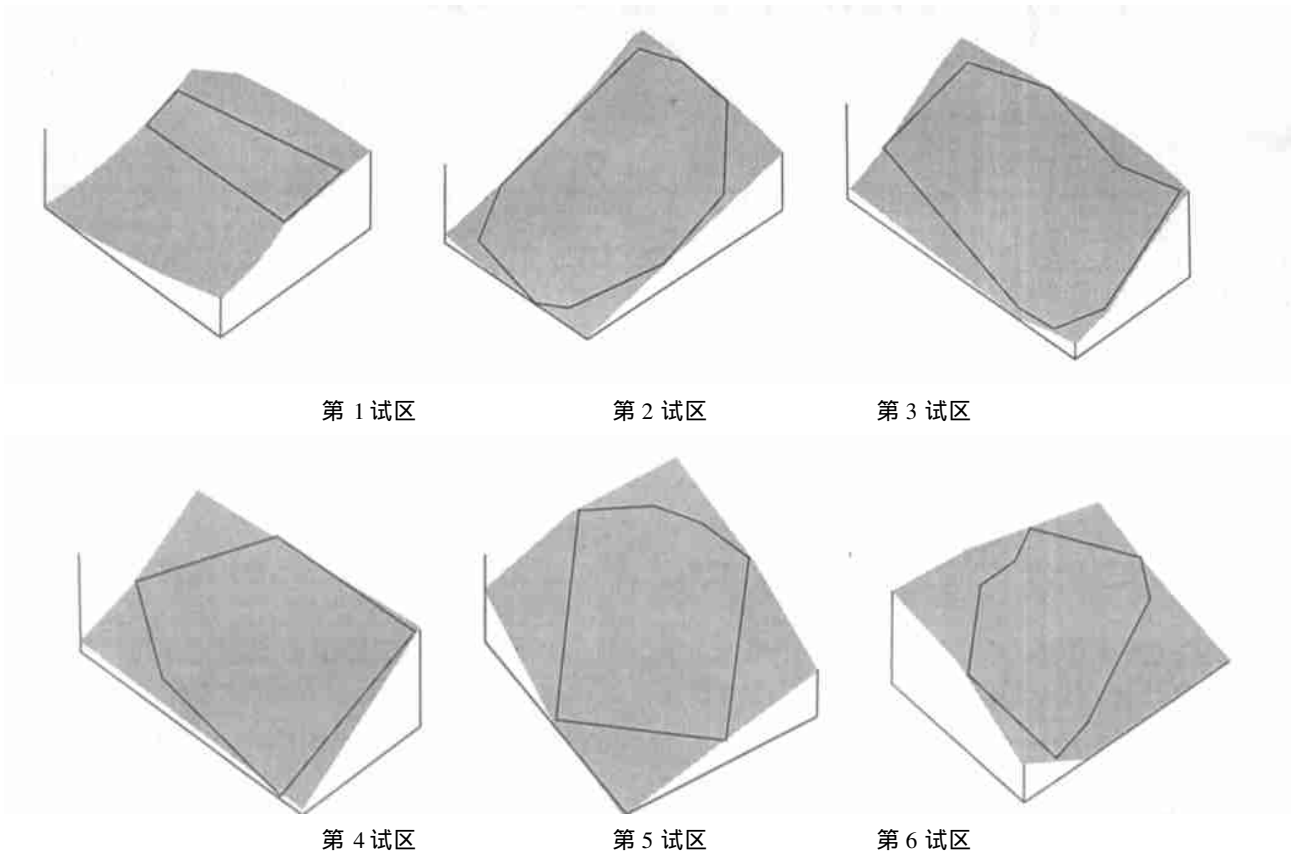


图 2 关庙休息站现场试区地形立体图

(2) 由实测之土壤冲蚀量资料比较关庙休息站周边不同边坡保护工程之土壤冲蚀深度,其结果如表 1 所示。可知土壤冲蚀深度大小依序为第 4 试区(西向坡植生网破损崩塌区)、第 2 试区(裸露区)、第 5 试区(遮光网区)、第 1 试区(水泥型框工法区)、第 3 试区(植生网植生工法区)、第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)。

(3) 于关庙休息站现场观测每月份之土壤冲蚀量,再与

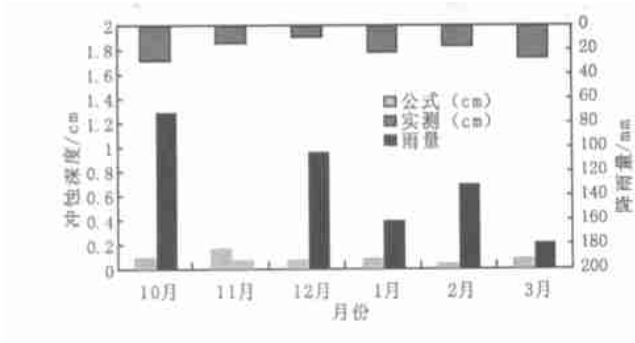
水土保持技术规范中土壤冲蚀(USLE) 公式计算结果比较如表 2 与图 3 所示。其中第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)之实测与利用 USLE 公式求出之冲蚀深度值最为相近,其比例值为 1.64;而第 1 试区(水泥型框工法区)与第 2 试区(裸露区)之土壤冲蚀量实测与推估计算值间相差较大,其比例值高达 6 倍以上,由于可知这些工法试区所产生的冲蚀量将会大于设计预估值甚多,故设计时可能会有过于乐观而考

虑不周情形, 须多加强清淤工作。

表 1 土壤冲蚀深度表

试区别	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	总和
第 1 试区(水泥型框工法区)	1.30	0.08	0.96	0.40	0.69	0.22	3.65
第 2 试区(裸露区)	0.62	0.87	0.49	0.92	1.09	0.84	4.83
第 3 试区(植生网植生工法区)	0.05	0.07	0.42	1.51	1.06	0.02	3.13
第 4 试区(西向坡植生网破损崩塌区)	0.41	0.32	0.36	1.45	1.65	0.83	5.01
第 5 试区(遮光网区)	0.97	0.32	0.15	1.01	1.10	0.71	4.25
第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)	0.32	0.24	0.40	0.70	0.34	0.64	2.63

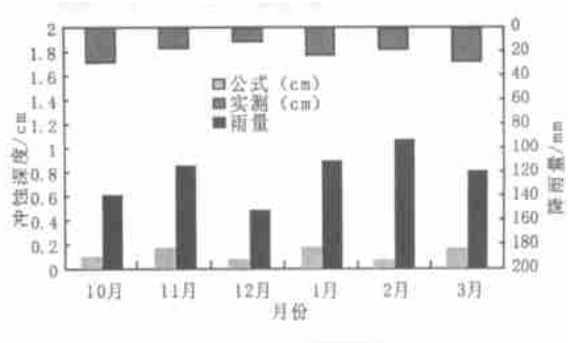
注: 土壤冲蚀深度单位 cm。



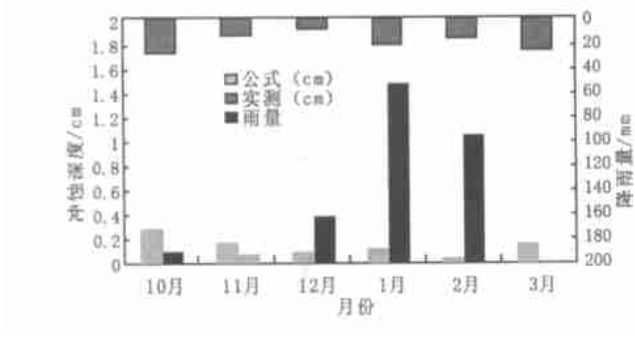
第 1 试区

试区别	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
第 1 试区(水泥型框工法区)	12.96	0.47	12.31	4.54	15.20	2.43	7.99
第 2 试区(裸露区)	4.89	4.50	6.25	4.86	13.57	4.48	6.43
第 3 试区(植生网植生工法区)	0.16	0.25	2.87	8.02	11.60	0.15	3.84
第 4 试区(西向坡植生网破损崩塌区)	1.64	1.06	3.02	6.24	9.27	2.57	3.97
第 5 试区(遮光网区)	4.18	1.94	2.03	6.27	11.24	3.92	4.93
第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)	0.75	0.72	2.42	2.61	1.61	1.74	1.64

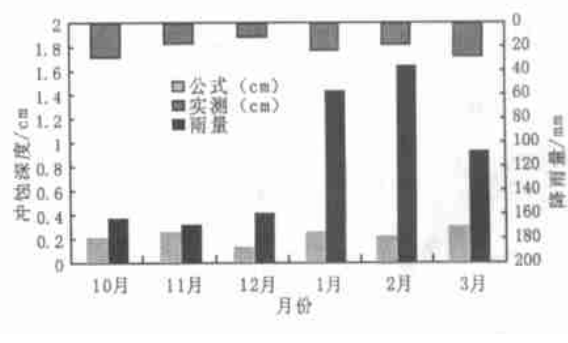
注: 比例值= 实测值÷USLE 公式计算值。



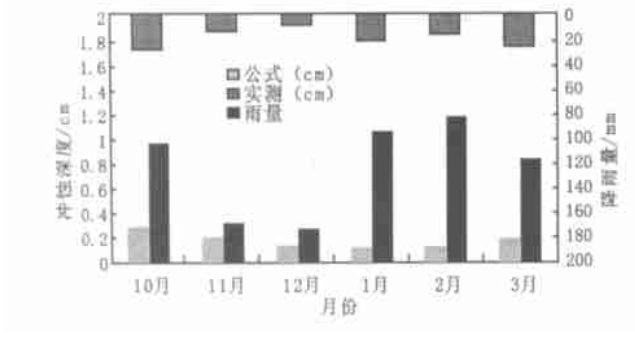
第 2 试区



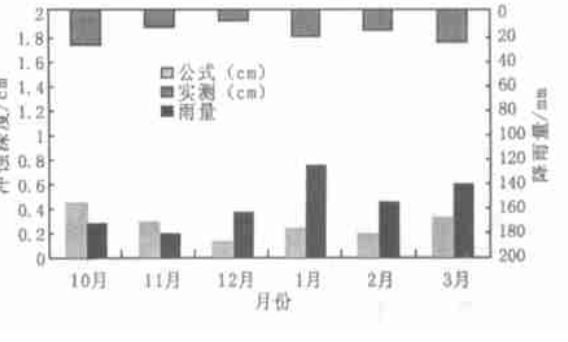
第 3 试区



第 4 试区



第 5 试区



第 6 试区

图 3 土壤冲蚀深度关系图

(4) 每月观测现场试区所测得其土壤硬度与植生状况之结果如表 3 所示, 其平均土壤硬度大小依序为第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)、第 4 试区(西向坡植生网破损崩塌

区)、第 3 试区(植生网植生工法区)、第 2 试区(裸露区)、第 5 试区(遮光网区)、第 1 试区(水泥型框工法区)。若再与植生覆盖率相互比较之后, 可知应用植生网之相关试区的土壤硬

度普遍有偏高的情形发生,尤其以崩塌之后的地区土壤硬度较高、植生覆盖度低于 40%。而遮光网处理区之土壤硬度虽低于 25 mm,属于植物根系伸展良好区域,但由于遮光网会阻碍植物根系向下生长与光线不足等不良因素影响,遂导致该试区的植生覆盖度最低,仅有咸丰草、牧地狼尾草、赛白豆等少数入侵植物可以生长。

表 3 土壤硬度与植生覆盖度关系表

月份	第 1 试区 (水泥型框工法区)		第 2 试区 (裸露区)		第 3 试区 (植生网植生工法区)		第 4 试区 (西向坡植生网 破损崩塌区)		第 5 试区 (遮光网区)		第 6 试区 (东向坡植生网 破损崩塌区)	
	硬度	覆盖率	硬度	覆盖率	硬度	覆盖率	硬度	覆盖率	硬度	覆盖率	硬度	覆盖率
10 月	21.80	84.10	25.00	80.61	27.28	50.19	27.05	53.90	23.33	23.54	27.68	37.53
11 月	21.78	51.96	24.85	49.18	22.83	36.42	23.65	13.38	27.90	18.82	26.52	26.94
12 月	23.08	51.96	22.43	56.06	23.85	26.63	24.53	25.56	24.35	22.46	26.05	24.04
1 月	24.60	80.46	23.90	56.06	23.60	63.29	24.75	41.71	21.30	29.66	25.90	50.69
2 月	21.55	87.44	20.48	56.06	23.53	76.68	24.73	37.46	19.65	41.46	21.73	45.71
3 月	19.35	85.05	20.35	67.28	22.20	80.51	21.95	34.94	20.38	38.31	20.98	45.40
4 月	24.68	90.45	27.13	70.52	26.68	59.63	29.10	36.29	22.25	36.36	27.18	45.09
平均	22.40	75.92	23.45	62.25	24.28	56.19	25.11	34.75	22.74	30.09	25.15	39.34

表 4 不同水土保持处理效益比较表

试区	第 1 试区 (水泥型框工法区)	第 2 试区 (裸露区)	第 3 试区 (植生网植 生工法区)	第 4 试区 (西向坡植生 网破损崩塌区)	第 5 试区 (遮光网区)	第 6 试区 (东向坡植生网 破损崩塌区)
土壤冲蚀深度	3.65	4.83	3.13	5.01	4.25	2.63
等级	3	5	2	6	4	1
硬度/mm	22.40	23.45	24.28	25.11	22.74	25.15
等级	1	3	4	5	2	6
覆盖率/%	75.92	62.65	56.19	34.75	30.09	39.34
等级	1	2	3	5	6	4
合计	5	10	9	16	12	11
综合评比	1	3	2	6	5	4

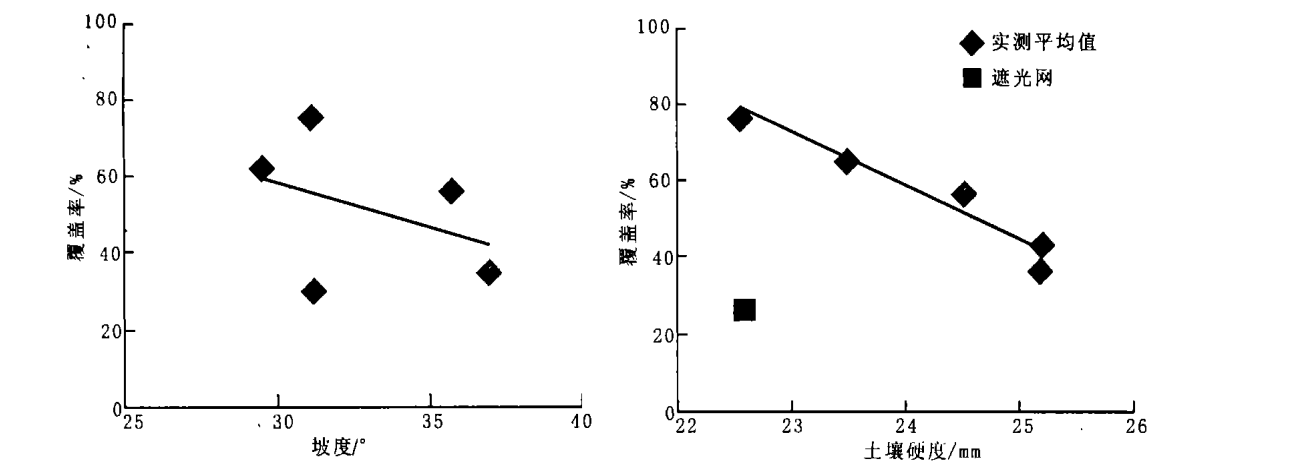


图 4 关庙休息站试区坡度、硬度与覆盖率关系

(5) 又比较不同坡度、硬度与覆盖率间的关系如图 4 所示,经统计分析得知,若不考虑遮光网之覆盖问题,硬度与覆盖率间的关系呈负相关,即硬度越高时覆盖率就越低。而覆盖率与坡度间的关系亦呈现负相关现象,当平均坡度越大时则覆盖率越低。

(6) 利用试验之土壤冲蚀深度、植物覆盖率与土壤硬度等调查结果,可综合讨论关庙休息站各种边坡保护工程处理之效果如表 4 所示。评比结果最佳处理方式依次为第 1 试区(水泥型框工法区)、第 3 试区(植生网植生工法区)、第 2 试区(裸露区)、第 6 试区(东向坡植生网破损崩塌区)、第 5 试区(遮光网区)、第 4 试区(西向坡植生网破损崩塌区)。

4 结 论

本研究综合以上实验调查结果,可提出以下之结论:

(1) 第二高速公路的兴建的确带来地方的繁荣与进步,并有疏解交通压力的作用,但规划过程太过仓促,且有完工通车时限要求,许多边坡的保护工程已显现不安定或冲刷崩

(下转第 261 页)

众参与受益村 30% 的利润分成。

(4) 专业承包式经营管理机制。新县在管理方面, 推行“治理一架山, 营造一片林, 建立一个场, 留下一批人, 健全一套管理制度, 办成一个经济实体”的管理模式, 凡治理开发面积在 100 hm² 以上的用材林、经济林, 由乡(镇)政府负责建管理房, 组建管理队伍; 100 hm² 以下的, 由村级负责建房, 配备管理人员。集中连片的用材林和经济林通过专门管理机构, 以经济实体形式进行管理经营。

(5) 产权流转式经营管理机制。为建立完善小流域良性运行机制, 按照“谁投资、谁所有、谁管理、谁经营”的原则, 对兴建的水土保持工程的产权进行全面界定, 明晰了项目工程产权, 落实了管理责任。费县对小型水保工程设施进行拍卖, 明确所有权, 允许继承和转包, 允许卖水。青太小流域农民臧宝卫购买上冶水库支渠一条, 购买后投资 4 万元进行了石砌配套, 按照每方 5 分钱的水价对农户按方计量供水, 由于管理的好, 维修及时, 使水的利用率由原来的 40% 提高到 70% 以上。为了解决工程投资不足的问题, 该县还对小型水利水

保工程放开建设权、搞活经营权, 明确所有权, 实行“民建、民有、民营”, 并针对“四荒”资源拍卖和后续管理中出现的新问题, 制定了启动“两个市场”的政策, 即启动荒山拍卖后的流转市场, 确定“第二法人”的地位, 对购买荒山后无力开发或开发不力的, 可转让、转卖、转包给他人经营, 放开搞活荒山的管理使用权; 启动荒山拍卖后的劳动市场, 允许以地换工、以物换工和雇工开发, 解决购买者劳力不足的问题。

(6) “公司+ 农户”式经营管理机制。金寨县古碑合众丝绸公司反租倒包 66.7 hm² 水土流失山场, 栽植桑树 60 多万棵, 建成茧原料基地, 每年每 0.07 hm² 付给农户 270 元地租, 免费向群众提供蚕种、蚕药、蚕具, 统一组织群众户养蚕和进行桑园管理, 按合同规定每张种产蚕 70 斤付给农户 200 元, 通过这种“公司+ 农户”的建设管理方式, 一方面公司获得了生产所需的优质蚕茧, 保证了生产资料的充足, 减少了对外地蚕茧货源的依赖, 减少了生产成本, 另一方面群众获得了稳定的收入, 从而确保了水土流失治理成果的保护和合理经营。

(上接第 224 页)

毁情形, 应尽早着手全面性的逐一检讨改善, 以免危及行车安全。

(2) 根据调查关庙休息站周边道路边坡均属于泥岩地区, 其所使用的植生材料以百慕达草与百喜草为主, 初期之生长情形颇佳, 但随着生长势的衰退、乡土植物的入侵, 咸丰草与牧地狼尾草渐居优势, 惟仍可见百慕达草之生长, 故建议边坡保护工初期可选择百慕达草为植生喷植基材, 较具长期生长之优势, 并建议应于雨季前适当导入耐旱之木本植物, 建立该地区之覆层植被, 避免植物群落过于单纯。

(3) 铺设植生网由于容易脆化破损(紫外线)且容易导致

土壤硬度偏高、植物生长情形不佳、雨季冲蚀量增加, 故建议以水泥型框工法为宜, 可增加植生覆盖度, 减少土壤冲蚀等优势。

(4) 铺设遮光网是为了使崩塌或裸露边坡暂时得到保护, 但在关庙休息区却随处可见而其当成边坡处理工法的一种使用, 由于光线不足会阻碍植物生长, 导致该试区的植生覆盖度最低, 冲蚀量有增加之情形。

(5) 根据水土保持技术规范所计算之关庙休息站的泥岩地区冲蚀量会远低于实际的边坡土壤流失量, 其原因则仍有待进一步的探讨。

参考文献:

[1] 台湾省水土保持局. 水土保持手册[M]. 台湾水土保持学会出版, 1992. 3- 47, 3- 48.

[2] “行政院”农业委员会. 水土保持技术规范[M]. 台湾水土保持学会出版, 2000. 36- 58.

[3] 李德河, 田坤国. 台湾西南部泥岩地区边坡灾害之调查分析[A]. 集水区土砂灾害防治与数据库技术应用推广研讨会[C], 2000. 143- 157.

[4] 吴正雄. 崩塌地优势草本植物根力特性之研究[J]. 台湾水土保持学报, 1990, 21(1): 47- 55.

[5] 林昭远. 百喜草不同覆盖度对坡地上葡萄柚养分吸收之影响[D]. [硕士论文], 台湾: 中兴大学水土保持学研究所, 1983. 11- 12.

[6] 林昭远. 泥岩地区植生复育最佳区位与植生材料之筛选[A]. 泥岩地区整治与植生绿化演讨会论文集[C]. 1999, 59- 60.

[7] 林信辉. 水土保持植生工程[M] 台湾: 高立图书有限公司出版, 2001.

[8] 邱创益, 庄裕斌, 林春宏, 等. 南二高沿线特殊地质地区植生工法之研究[A]. 水土保持植生工程研讨会论文集[C]. 1990, 149- 155.

[9] 邱创益. 泥岩裸露边坡植生复旧之研究[A]. 泥岩边坡工程研讨会论文集[C]. 1993, 101- 125.

[10] 邱创益. 泥岩植生复育法[A]. 泥岩地区整治与植生绿化研讨会论文集[C]. 1999, 64- 70.

[11] 郭张权, 林信辉. 泥岩挖方坡面植生工法之土壤保育功效探讨[J]. 台湾兴大水土保持学报, 1998, 30(3): 204- 205.