

# 厚层基材喷射护坡试验研究

张俊云<sup>1</sup>, 周德培<sup>1</sup>, 李绍才<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学 岩土工程研究所, 四川 成都 610031; 2. 四川省励自生态与环境工程技术有限公司, 四川 成都 610031)

**摘要:** 以内昆线横江车站路堑岩石边坡为试验点, 设计了厚层基材喷射种植基各组分配比, 采用湿喷法进行厚层基材喷射护坡试验。试验结果表明, 采用厚层基材喷射对岩石边坡进行生态防护, 厚层基材各项指标均满足植物正常生长所需的条件, 防护效果显著。

**关键词:** 岩石边坡; 厚层基材喷射; 种植基

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)04-0044-03

中图分类号: S157.4

## Test on Slope Eco-engineering by Spraying a Thick Layer Material

ZHANG Jun-yun<sup>1</sup>, ZHOU De-pei<sup>1</sup>, LI Shao-cai<sup>2</sup>

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, PRC;

2. Sichuan Lizi Bio-environmental Engineering Co., Ltd, Chengdu 610031, PRC)

**Abstract:** Selecting a cutting rock slope as test spot at Hengjiang station in Nei-kun railway, the composition ratio of planting material is designed. Else, a test on slope eco-engineering by wet spraying a thick layer material is conducted. The results indicated that effect of slope eco-engineering by spraying a thick layer material is obvious, and that main index of planting material can meet growth of vegetation.

**Keywords:** rock slope; thick layer material spraying; planting material

## 1 前言

厚层基材喷射护坡技术于 1976 年首先由日本开发出来<sup>[1]</sup>, 主要用于软弱岩石边坡的生态防护。20 余年来, 此项技术在日本得到不断的改进、完善。目前, 厚层基材喷射与绿化网护坡已成为日本应用最为广泛的 2 种生态护坡技术。同绿化网相比, 厚层基材喷射护坡的适应范围更为广阔, 不仅可以应用于软弱岩石边坡, 还可以应用于中硬岩及强酸性 (pH=2~3) 土质边坡<sup>[2-4]</sup>; 采用厚层基材喷射护坡后可保证坡面植被经过多年以后也不会衰退。据吉田宽等报道, 厚层基材喷射施工 17 a 后, 坡面仍保留着施工时采用的美国肯塔基-31 羊胡子草<sup>[5]</sup>。虽然厚层基材喷射已被证明是一种行之有效的生态护坡技术, 但是国内在这方面的研究或应用却还未见诸报道, 为把此项先进的护坡技术应用于我国的铁路、公路、堤坝工程等岩石边坡的生态防护工程, 以及填补国内在此领域的空白。

我们在借鉴日本成功经验的基础上, 开发了适合高陡岩石边坡的厚层基材喷射种植基, 并结合内昆线横江车站高陡岩石边坡的生态防护, 进行厚层基材喷射护坡的工程试验。

## 2 试验区概况

试验区为内昆铁路横江车站 DK154+650—DK154+750 左侧的路堑岩石边坡。该段线路以挖方通过一山包前缘, 岩层主要为泥岩夹砂岩, 坡面表层为严重风化层。图 1 为 DK154+700 的断面图, 下部坡度 1:0.25, 采用挡墙防护, 上部坡度 1:0.75, 采用厚层基材喷射护坡, 试验总面积 1485 m<sup>2</sup>。

该地区气候属中亚热带四川盆地地区, 年平均降雨量 1000 mm 左右, 1 月平均气温 5℃~8.0℃, 7 月平均气温 25℃~29℃。

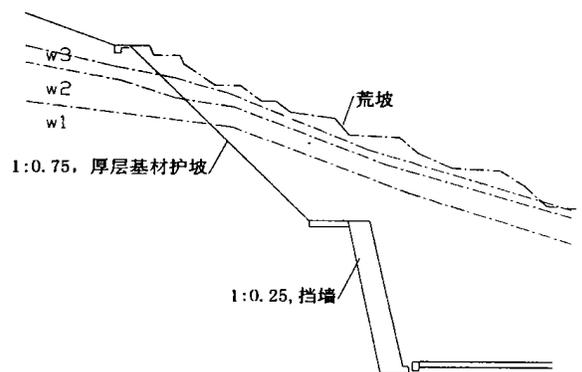


图 1 岩石边坡 DK154+700 断面图

收稿日期: 2000-09-19

资助项目: 四川省励自生态与环境工程技术有限公司资助

作者简介: 张俊云(1974—), 男(汉族), 在读博士。主要从事岩石边坡稳定性分析及生态护坡方面的研究工作。电话(028)7601464, E-mail: zjy74@sina.com

### 3 厚层基材喷射护坡试验设计

#### 3.1 厚层基材喷射种植基配比

厚层基材喷射种植基由绿化基材、BPR 混合草种、稳定剂、团粒剂 4 种组分组成。绿化基材是植物生长的基体,由高原泥炭、种植土、保水剂、粗纤维、细纤维、锯末、速效肥、长效肥、生物肥、酸性改良剂等按一定的比例加入适量水拌合而成;BPR 混合草种由冷季型、暖季型、先锋型、观赏型及固氮型等草种按一定的比例混合而成;稳定剂由溶解于水的阳离子线性高分子粘结剂乳液与凝集剂混合而成;团粒剂为阴离子高分子聚合物乳液。

通过可行性试喷试验,初步设计厚层基材喷射种植基各组分用量如表 1 所示。

表 1 厚层基材喷射种植基用量  $\text{kg}/\text{m}^2$

| 绿化基材 | BPR 混合草种 | 稳定剂 | 团粒剂 | 水     |
|------|----------|-----|-----|-------|
| 64   | 0.16     | 4.8 | 16  | 16~19 |

#### 3.2 施工方案设计

3.2.1 施工方法 该设计采用湿喷法施工。

3.2.2 种植基喷射厚度 种植基喷射厚度须以满足坡面植被的正常生长为前提,对于无风化或弱风化的硬质岩,一般种植基喷射厚度为  $9 \sim 10 \text{ cm}^{[9]}$ 。因本试验边坡表层为风化的砂岩,故可减小种植基喷射厚度,初步确定喷射厚度为  $5 \text{ cm}$ 。

3.2.3 主要施工设备 (1) 发电机;(2) 空压机;(3) 混凝土湿喷机;(4) 搅拌机;(5) 风钻。

3.2.4 施工工艺流程 施工工艺流程如图 2 所示。

(1) 清理、平整坡面。清除坡面浮石、浮根,尽可能平整坡面,坡面清理应有利于厚层基材和岩石坡面的自然结合。(2) 铺设、固定金属网。铺设金属网的目的是固定厚层基材,防止其因重力或雨水冲刷流失,铺设时应当拉紧网,网间用铁丝连接,打入土钉以固定金属网,土钉按双向  $@1000 \text{ mm}$  布置。(3) 拌和种植基。采用机械拌和,每次拌和种植基各组分:绿化基材  $256 \text{ kg}$ , BPR 混合草种  $0.64 \text{ kg}$ , 稳定剂  $19.2 \text{ kg}$ , 团粒剂  $64 \text{ g}$ , 水  $64 \sim 76 \text{ kg}$ 。拌和时先把团粒剂溶于水。(4) 输送至喷射机并用喷枪喷射种植基。喷射尽可能从正面进行,凹凸部及死角部分要充分注意,保证喷射厚度达到要求。(5) 养护。每天喷雾  $2 \sim 3$  次,用高压喷雾器使养护水成雾状均匀地湿润坡面厚层基材,要注意控制好喷头与坡面的距离和移动速度,保证无高压射流水冲击坡面形成径流,冲走厚层基材及草种,养护时间为  $45 \text{ d}$ 。

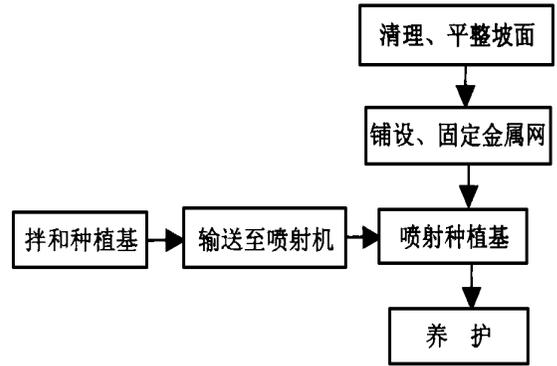


图 2 厚层基材喷射护坡施工流程图

### 4 试验结果分析

#### 4.1 厚层基材的抗雨水冲刷性

喷射施工期间,遭遇雨强为  $100 \text{ mm}/\text{h}$ (据当地水文观测站)大暴雨,降雨持续时间约  $1 \text{ h}$ ,喷射施工  $3 \text{ h}$  后的厚层基材经受住了暴雨的冲刷,厚层基材表面无明显的冲刷沟痕,仅有极少量的种植基被冲失,充分说明,喷射的厚层基材具有很强的抗雨水冲刷性。

#### 4.2 草种发芽及生长状况

喷射施工完毕  $4 \text{ d}$  后, BPR 混合草种中的先锋型草种即发芽。由于绿化基材所含的锯末未作消毒处理,使一部分草在幼苗期出现真菌病害,经及时消毒处理,消除了隐患,草长势良好,  $40 \text{ d}$  左右即成坪,完全覆盖坡面。

#### 4.3 厚层基材的主要指标

4.3.1 厚层基材的主要物理指标 对坡面植被生长有重要影响的物理指标包括自然容重、自然含水量、饱和含水量、空隙率及稳定渗透系数等。表 2 为厚层基材的一些主要物理指标。

表 2 厚层基材的主要物理指标

| 自然容重/<br>( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) | 自然含<br>水量/% | 饱和含<br>水量/% | 空隙率/<br>% | 稳渗系数/<br>( $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) |
|--|-------------|-------------|-----------|--|
| 109  | 86          | 131         | 72        | 0.470  |

由表 2 知,厚层基材的自然容重处于较疏松状态;由自然容重、自然含水量、饱和含水量、固体干容重等可推出厚层基材的三相分布为固:液:气 =  $0.28:0.47:0.25$ ,对于一般土壤,适合植物生长的三相分布为固:液:气 =  $2:1:1^{[7]}$ ,由于厚层基材含有吸水能力特强(400 倍)的保水剂,使一部分水处于固态与液态之间,考虑到此因素,厚层基材的三相分布比较合理;厚层基材的稳定渗透系数同壤土的稳定渗透系数相当。以上指标都表明,厚层基材的物理性能符合植物所需的生长环境。

4.3.2 厚层基材的主要化学指标 对坡面植被生长有重要影响的化学指标包括厚层基材的有效养分、pH 值、阳离子代换量(CEC)等。表 3 为厚层基材的一些主要化学指标。

表 3 厚层基材的主要化学指标

| 有效氮/<br>( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 有效磷/<br>( $\text{mg}/\text{kg}$ ) | 有效钾/<br>% | pH 值 | CEC<br>( $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |
|--|-----------------------------------|-----------|------|---|
| 4.07   | 183                               | 0.18      | 7.38 | 41.6  |

由表 3 知,厚层基材的有效养分含量都远高于优良的耕作土壤,pH 值处于中性状态(6.5~7.5),阳离子代换量大于  $20 \text{ cmol}/\text{kg}^{[7]}$ ,属于保肥能力强的基质,而且,由于厚层基材主要为含丰富有机质的高原泥炭组成,故可源源不断提供给植物生长所需的养分,完全可以满足植物长期生长的需要。

## 5 结 论

(1) 采用厚层基材喷射技术对岩石边坡进行生态防护是可行的,厚层基材能够经受暴雨的冲刷,BPR 混合草种可以迅速地覆盖坡面,起到稳定边坡浅层的作用;

(2) 厚层基材喷射种植基各组分的配合比例比较合理,厚层基材的主要物理、化学性质均能达到植物正常生长所要求的标准。

### [参 考 文 献]

- [1] 桃井信行,飯塚康雄,田中隆.のり面緑化技の変遷[J].土木技術資料,1996,(38)11:44—49.
- [2] 羽田忠彦.擁壁工.土留工の施工例—(6)植生の施工例[J].土木技術,1980,(35)6:93—100.
- [3] 青木正雄,安部征雄.強酸性土における法面緑化[J].土と基礎,1996,(44)6:28—30.
- [4] 立石義孝,鬼塚克忠,馬淵勝美,等.厚層基材吹付工法による硅藻土斜面の緑化[J].土と基礎,1996,(44)6:31—33.
- [5] 吉田寛,菊池富雄.厚層基材吹付工の經年变化に関する調査報告[J].日本緑化工学会誌,1993,(18)4:219—226.
- [6] 安保昭著,周庆桐译.坡面绿化施工法[M].北京:人民交通出版社.1988.134—142.
- [7] 黄必志,曹文波,陈佐忠.草坪营养与施肥[M].北京:中国林业出版社.1999.3—4;104—105.

(上接第 40 页)

主要是 324 国道沿线开发区的建设裸露地表产生的人为水土流失。(3) 东南部重点监督区( $J_3$ )。包括黄埔区(长洲镇除外)及番禺区的化龙、新造、南村、大石、钟村、市桥、石基 7 个镇。该区地势平坦,城市建设后备用地比较充足,房地产及城市基础建设发展较为迅速。

### 3.3 重点预防保护区

自然资源相对集中,对整个区域生态环境质量和可持续发展关系密切的地区归入保护区。水土流失重点预防保护区通常是水源保护区、植物资源保护区、农业用地保护区、城市绿化保护区、旅游观光保护区等所在地。

重点预防保护区为:流溪河水库库区重点预防保护区、近郊重点预防保护区。

(1) 流溪河水库库区重点预防保护区( $B_1$ )。包括吕田、东明、黄龙带林场、流溪河林场 4 个镇(场)。流溪河的源头,原始植被茂密,水土保持功能完善,应严格实施水土保持重点保护。(2) 近郊重点预防保护区( $B_2$ )。包括白云区的同和镇,芳村区的东教镇,海珠区的新窖镇和黄埔区的长洲镇。广州市的近郊和“市肺”所在地,对广州市城区的生态环境保护起着十分重要的作用。

### [参 考 文 献]

- [1] 夏瑞,高云才.我国水土保持生态环境建设成就述评[J].《人民日报》2000.6.29 第 11 版.
- [2] 广州市计划委员会编.广州国土资源地图集[Z].广州:广东省地图出版社,1997.50—55.