

文章编号:1005—0523(2006)01—0052—04

边坡植物防护计算方法的研究

张栋^{木梁}, 王炳龙

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200331)

摘要:针对边坡植物防护能力没有规范的计算方法,结合边坡植物防护的作用机理以及植物防护的作用形式,利用水力学和泥沙冲刷理论及公式,提出检验边坡植物防护的作用效果的计算方法.通过植物防护下的边坡进行力学演算,即利用泥沙理论计算在植物防护下边坡的防冲刷能力,证明植物防护的作用,从而进一步推广边坡植物防护的应用.

关键词:边坡;植物防护;冲刷;计算方法

中图分类号:U41

文献标识码:A

1 引言

目前,植物防护在公路、铁路边坡已广泛应用.对于植物在边坡防护的作用,在各地都开展了实验研究.实验证明,植物防护边坡冲刷效果显著^[1~4].随着大量实验的进行,植物防护机理研究也取得长足的进步.但对于边坡植物防护能力没有规范的计算方法,本文根据泥沙冲刷理论,以土颗粒为研究对象,结合植物与边坡相互作用力学公式,总结出植物边坡防护的计算方法,从而验证植物防护的作用.

2 边坡植物防护的计算方法

试验表明影响边坡冲刷的因素很多,土的冲刷主要是由于自然因素与人为因素的作用,土结构被破坏,稳定性削弱,进而土从原来位置被搬运到其他位置并沉积的过程,其影响因素一般有:降雨的溅蚀力、径流量的大小、土分离的难易程度、水流冲刷挟带泥沙的能力.这些参数又取决于雨滴动能、

雨滴数量及降雨强度、地质、土质类型及结构、坡度、植被、土的含水量以及各种形式的水流因素(如流速、流量)等特征值^[5,6].

2.1 边坡植物防护的作用机理分析

边坡植物防护主要表现在边坡防冲刷方面.其中,降雨是边坡冲刷的最主要的原因.降雨对坡面的侵蚀有三个过程:首先是雨滴击溅侵蚀,进而形成片状水流侵蚀,最后在水流集中处出现细沟侵蚀,其中以细沟侵蚀破坏作用最强,细沟逐步加大形成较大的冲沟,引起坡面滑坍等破坏.

植物对坡面的防护,主要表现在拦截雨水、减缓径流和保护土壤,具体包括:①缓和雨水的冲击,植物的茎叶及枯枝落叶层能拦截雨滴,起到消能作用,降低了雨滴对坡面的冲击;②增大入渗量,相应地减少了坡面径流量,随着覆盖度增加,入渗量也随之增大,而坡面径流量和径流速度相应随之减少.这是由于植物的枯枝落叶在地面形成松散覆盖层,植物的根系在土壤中形成了大小不一、纵横交错的孔道,植物的残体为土壤制造了腐殖质,增加了土壤的团粒结构,大大增强了土壤透水能力,相应地减少了坡面径流,同时也大大减缓了坡面径流的流速,降低了雨水的侵蚀作用强度;③支撑作

收稿日期:2005—07—20

作者简介:张栋^{木梁}(1979—),男,同济大学道路与铁道工程博士研究生,主要从事岩土与地下工程的研究.

用,植物根系交织形成了巨大的根系网络,在土壤表层形成网状结构,将其周围土壤缚紧,使得坡面20 cm左右深度范围内形成了一个加筋整体.因而在坡面上建植植被对坡面表面具有较好的护坡作用^[7,8].

2.2 坡面力学计算

2.2.1 验算在植物防护下的边坡抗冲刷能力(泥沙运动力学原理)

根据动力学原理,以边坡上的颗粒为研究对象.在最不利条件下,分析颗粒的稳定性,从而保证边坡的稳定性.

在植物防护的基础上,假定水流沿坡面流动(即坡面冲刷),入渗方向垂直边坡,颗粒间没有粘聚力.

在草本植物根系加筋的作用下,土体的抗剪强度可写为^[3]

$$\tau = c + \sigma \tan \phi + \tau_R = [c + \sum_{j=1}^m T_j \sin \theta_j / A + \sum_{j=m+1}^n T_j \sin (90 - \Psi_j) / A] + [\sigma + \sum_{j=1}^m T_j \cos \theta_j / A + \sum_{j=m+1}^n T_j \cos (90 - \Psi_j)] \tan \phi \quad (1)$$

式中 T_j ——根的抗拉应力;由根的实验室抗拉实验确定;

θ_j ——根剪切变形角,由野外根系直剪实验获得;

ϕ ——土体内摩擦角,可由土的直剪实验获得

①土颗粒的浮容重 w' ^[3]

$$w' = (\gamma_s - \gamma) \pi D^3 / 6 \quad (2)$$

式中 γ_s ——颗粒容重;

γ ——水的容重;

D ——土壤的粒径

②拖曳力和上举力

水流和土颗粒表面接触时将产生摩擦力 F_1 .当水流雷诺数稍大时,颗粒顶部流线将发生分离,并在背水面产生涡流,从而在颗粒前后产生压力差,形成形状阻力 F_2 . F_1 和 F_2 的合力为拖曳力 F_D .坡面流流动过程中,固体物颗粒顶部的流速显著大于底部颗粒间渗透水流的流速,根据伯努力原理,将产生压力差和与空气动力上升力类似的上举力 F_L .设土物颗粒为直径为 D 的球状体,则:

$$F_D = C_D (\pi D^2 / 4) (\rho u_0^2 / 2) \quad (3)$$

$$F_L = C_L (\pi D^2 / 4) (\rho u_0^2 / 2) \quad (4)$$

式中 C_D ——阻力系数;

C_L ——上举力系数;

ρ ——水的密度;

u_0 ——颗粒表面水流速度

③渗透压力当土体入渗率较大时,水流入渗会产生与入渗方向一致的渗透压力

$$F_s = c(1+e) \gamma h \partial h / \partial S_h \quad (5)$$

式中 c ——系数;

e ——土体的孔隙率;

$\partial h / \partial S$ ——水力坡度

$$\text{或 } F_s = \gamma J_s \pi D^3 / 6 \quad (6)$$

式中 F_s ——渗透压力;

J_s ——土壤中渗透水流的水力坡度

(1) 当考虑拖曳力和上举力为边坡下推力时(如图1)

当下滑合力 F 大于植物产生的抗剪切力和摩擦力的合力 F_1 时,即 $(F > F_1)$ 发生冲刷.通过计算比较确定在植物防护下,边坡稳定.

$$F = F_D + w' \sin \theta + F_s \quad (7)$$

$$F_1 = \mu (w' \cos \theta - F_L + F_s) + (\sum_{j=1}^m T_j \sin \theta_j / A + \sum_{j=1}^m T_j \cos \theta_j / A \tan \phi) A_1 \quad (8)$$

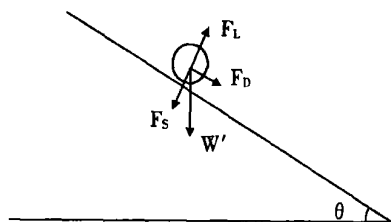


图1 上举力条件下颗粒受力

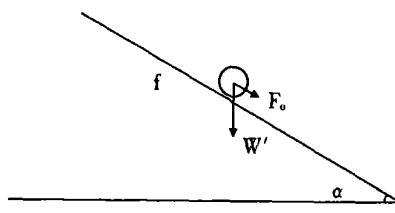


图2 水流下推力条件下颗粒受力

式中 A_1 ——颗粒作用面积; F_D 、 F_L 、 F_s 由公式(3)(4)(5)求得; μ ——坡面粗糙系数

2.2.2 利用水力学原理,计算水流下推力 F_0 条件下(如图2)

$$F_0 = \gamma h^2 d / 2 \quad (9)$$

$$F = \gamma h^2 d / 2 + \pi (\gamma_s - \gamma) d^3 \sin \alpha / 6 \quad (10)$$

$$h = (\mu L \cos \alpha / \tan^{0.5} \alpha)^{0.6} \quad (11)$$

$$F_1 = \pi \mu (\gamma_s - \gamma) d^3 \cos \alpha / 6 + (\sum_{j=1}^m T_j \sin \theta_j / A + \sum_{j=1}^m T_j \cos \theta_j / A \tan \phi) A_1 \quad (12)$$

式中 I ——单宽降雨强度, m/s ;
 L ——坡长, m ;
 α ——坡面与水平面夹角;
 γ_s ——颗粒容重;
 γ ——水的容重;
 d ——土壤的粒径;
 A_1 ——颗粒作用面积

其中的假设都不利于颗粒稳定, 因此, 只要满足 F 大于 F_1 , 颗粒就一定稳定, 从而边坡不发生冲刷.

2.3 算例分析

1) 利用泥沙运动力学原理, 第一种情况, 考虑拖曳力和上举力为边坡下推力时, 按式(7)计算.

假设沙粒 D 为颗粒的直径, 取 0.05, 0.1, 0.2 cm . θ 为坡角, 取 30° . I 为单宽降雨强度, 取 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}$; λ 为单宽入渗率, 取 10^{-6}m/s ; L 为坡长, 取 11.25 m ; α 为坡面与水平面夹角, 取 30° ; J_s , 取 1%. 所采用的植物为无芒雀麦, 所测得的根系的加筋所增加的土体的抗剪强度为 1.305N/cm^2 .

其中, C_D 取 0.2; C_L 取 0.8(参考杰缅季夫伊吉阿扎洛夫的研究成果); μ 取 0.4; γ_s 取 $2.65 \times 10^4 \text{N/m}^3$; γ 取 $1 \times 10^4 \text{N/m}^3$.

$w_0 = 4.6 h^{1/6} d^{1/3}$ (沙莫夫公式) (13)

$A_1 = \pi D^2 / 4$ (14)

$h = \mu (I - \lambda) L / \tan^{0.5} \alpha)^{0.6}$ (15)

$F_1 = F_D + w' \sin \theta + F_s$ (16)

$F_1 = \mu (w' \cos \theta - F_L + F_s) + (\sum_{j=1}^m T_j \sin \theta_j / A + \sum_{j=1}^m T_j \cos \theta_j / A \tan \phi) A_1$ (17)

其中 F_D, F_L, F_s, w' 取用公式(3) (4) (5) (2) 计算

α (坡面与水平面夹角)为 30° 时, 在无植物防护下, $w' \cos \theta - F_L + F_s < 0$; 即在雨水冲刷的基础上, 不产生摩擦力. 在下滑力的作用下, 边坡发生冲刷.

表 1 结果比较

D 粒径	0.05	0.1	0.2
力(N)			
F 下滑力	0.000003711	0.000020336	0.000208454
F1 抗滑力(植物防护)	0.002553105	0.010221677	0.040736257

由表 1 可以得出如下结论:

F 下滑力一直小于抗滑力 F_1 , 因而证明了植物边坡防护的作用. 不同的植物的抗剪强度可以通过试验测定, 同时利用公式计算下滑力和抗滑力, 可

以判断边坡在植物防护下是否发生冲刷.

2) 利用水力学原理, 计算水流下推力 F_0 条件下(如图 2)

$F = \gamma h^2 d / 2 + \pi (\gamma_s - \gamma) d^3 \sin \alpha / 6$ (18)

$F_1 = \pi \mu (\gamma_s - \gamma) d^3 \cos \alpha / 6 + (\sum_{j=1}^m T_j \sin \theta_j / A + \sum_{j=1}^m T_j \cos \theta_j / A \tan \phi) A_1$ (19)

其中取用 F_0, h 取用公式(9) (11) α (坡面与水平面夹角)为 30° 时,

表 2 结果比较

D 粒径	0.05	0.1	0.2
力(N)			
F 下滑力	0.000123206	0.000249642	0.000525124
F1 抗滑力(植物防护)	0.002562733	0.010252429	0.041021653
F1 抗滑力(无植物防护)	0.000000372	0.000002983	0.000023869

由表 2 可以得出如下结论:

利用水力学原理, 同样证明了植物边坡防护的作用. 不同的植物的抗剪强度可以通过试验测定, 同时利用公式计算下滑力和抗滑力, 可以判断边坡在植物防护下是否发生冲刷.

综上所述, 利用泥沙冲刷理论和水力学原理, 可以推出 2 种边坡冲刷计算分析方法, 从而分析植物对边坡防冲刷的作用. 计算分析方法中的参数可以通过试验测定, 因此这 2 种边坡冲刷计算分析方法具有可行性.

3 结论

1) 本文提出两种边坡植物防护的计算方法, 通过算例分析比较, 证明边坡植物防护的作用.

2) 本文提出的植物防护计算分析方法较全面地反映了植物防护对边坡的影响. 随植物抗剪强度、土体内摩擦角的增大, 边坡防冲刷能力增强. 计算分析方法考虑了降水的强度、颗粒大小、坡长、坡角, 较全面的反映了边坡影响因素的作用.

3) 本文所提出的计算分析方法, 以土颗粒为研究对象, 用于不同土质时, 计算等效颗粒半径需注意参数取值问题.

参考文献:

[1] 李志刚, 王春辉公路边坡冲刷机理初探[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2003(3): 1~3

[2] 张俊云, 周德培, 李绍才. 厚层基材喷射护坡试验研究[J]. 水土保持通报, 2001(4).

[3] 周德培, 张俊云. 植被护坡工程技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.

[4] 罗 斌, 胡厚田等. 南方花岗岩残积层路堑边坡坡面冲刷研究[J]. 铁道工程学报, 1999(3): 1~3.

[5] Coppin N J and Richarda I G. Coppin N J, Richards I G. Use of Vegetation in Civil Engineering. CIRIA, Butterworths. 1990.

[6] Greenway, D. R. Vegetation and Slope Stability. in: Slope

Atability, Edited by M. G. Anderson and K. S. Richards. New York; Wiley, 1987.

[7] 周 跃. 植被与侵蚀控制: 坡面生态工程基本原理探索[J]. 应用生态学报, 2000(2).

[8] Shields. F. D and D. H. Gray. Effects of woody vegetation on the Structural Integrity of Sandy Levees. Water Resources Bulletin, 1993(5).

Research on Calculation Way for Slope Plant Protection

ZHANG Dong-liang, WANG Bing-long

(Key Laboratory for Highway and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200331, China)

Abstract: Based on the principle of the slope plant protection and reaction way, with the help of the hydraulics and sediment corrosion theory and fomula, calculation ways for the function effect of the slope plant protection are obtained, the canonical calculation way for the ability of the slope plant protection is inexistent. Through the mechanics calculation of the slope plant protection, as well as the defended corrosion capability under the plant protection by use of the sediment corrosion calculation, the function of plant protection is verified. Then the application of the slope plant protection is expanded further.

Key words: slope; plant protection; corrosion; calculation way

(上接第 47 页)

The Development of Marshalling Yard Dispatcher Production Wireless Transmission System

ZHANG-Qiao, SUN Hong-sheng

(Transport and Traffic Academy, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This article mainly introduced the development background and the application demand of the marshalling yard dispatcher production wireless transmission system, and emphatically indicated the system major component to pass on module date RiJing NISSEI ND250A with the RS232 communication agreement and methods, then specify VISUAL BASIC serial communication controller MSCOMM's attributes, method and events. Through the instance to control use the MSCOMM communication to carry on the RS232 serial communication, and the design method to carry on the detailed discussion, and finally realized it under the win2000/xp environment with PC to pass on the module with the RS232 serial communication control.

Key words: marshalling yard dispatcher production wireless transmission system; ND250A; MSCOMM; serial communication