

文章编号: 1673-9469 (2017) 04-0015-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2017.04.004

砂性土坡面防护结构抗降雨冲刷性能试验研究

姚明帅, 何宁, 周彦章, 姜彦彬, 吴璐璐, 张家胜

(南京水利科学研究院, 江苏南京 210029)

摘要: 针对砂性土堤防坡面抗雨水冲刷能力弱的工程实际, 建立砂性土坡面冲刷试验模型, 开展降雨冲刷试验, 研究不同砂性土堤防坡面保护层抗冲刷性能。分析降雨条件下不同砂性土堤防坡面保护层的冲刷过程, 总结出沙土、膨润土与秸秆三者混合形成的坡面保护层能够抵抗雨水冲刷、保障植物种子顺利成长, 便于施工。

关键词: 砂性土坡面; 模拟降雨; 冲刷试验; 沙-粘性土拌合物

中图分类号: TV871.2

文献标志码: A

Experimental study on anti rain erosion performance of sandy slope surface protection structure

YAO Mingshuai, HE Ning, ZHOU Yanzhang, JIANG Yanbin, WU Lulu, ZHANG Jiasheng

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing, Jiangsu, 210029, China)

Abstract: For the sand embankment water loss and soil erosion prevention situation, a model of sand soil surface anti erosion test was established to carry out rainfall scouring test. Based on the model test, anti-washout performance of different sand embankment slope protection layer was studied and erosion process of protection layer was analyzed. It is concluded that the mixture of sandy soil, bentonite and straw can resist rain erosion, ensure the smooth growth of plant seeds and facilitate construction.

Key words: sandy soil slope, simulated rainfall scouring test, sand-bentonite mixture

作为国家加快建设的战略性、全局性重大水利工程, 黑龙江干流堤防地基以砂基或土基为主, 堤防形式以砂基砂堤、砂基土堤为主, 在水流冲刷、降雨、暴雪等恶劣环境作用下, 易发生坍塌, 水土流失严重。针对上述情况, 部分砂性土堤防边坡采用种植草本植物的方式来改善堤防边坡水土流失的情况, 在植被护坡具备抗冲刷能力前期, 坡面上覆盖保护层以保证植物正常生长及防止草籽被雨水冲刷走。为起到防护作用, 坡面保护层本身的抗冲刷性能要满足一定要求。影响坡面在降雨冲刷作用下侵蚀破坏的因素主要包括土体性质、降雨特征、边坡形态等^[1-4]。本文针对土体性质这一因素对坡面在降雨冲刷作用下侵蚀破坏过程的影响, 配制不同方案的保护层模拟降雨边坡冲刷过程, 分析研究不同

配比方案下坡面保护层的抗雨水冲刷情况。

1 模型试验设计

为模拟堤防现场最不利土质情况, 选取堤防现场典型地段取样, 依据从现场取回的土样的颗分试验数据配制试验用沙, 试验用沙颗粒组成分析表如表1所示。按沙、粘土(本文采用膨润土)以及长度在1.5~3.0 cm的秸秆配制成四种方案的坡面保护层进行模拟降雨冲刷试验, 分析各配比方案下的保护层抗冲刷能力。

1.1 试验装置

冲刷试验边坡采用主体用沙子堆成的高0.7 m、

收稿日期: 2017-06-26

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(Y316007); 江苏省科技计划项目(Rq315003); 黑龙江省应用技术研究及开发计划引导项目(GZ16B038)

作者简介: 姚明帅(1992-), 男, 江苏东海人, 硕士, 从事环境岩土工程方面的研究。

顺坡向水平宽 1.4 m 的 1: 2 边坡, 坡脚处可自由放置挡板 (阻挡坡体顺坡滑移)。沙坡表面覆盖不同配比方案拌合物, 沙坡沿着实验室墙体堆筑, 沙坡高度 0.7 m, 在沙坡上方 1.5 m 处放置降雨设备, 降雨设备为挂高 1.5 m、喷洒范围为一个直径 6 m 的圆降雨喷头, 有效降雨面积覆盖待冲刷边坡, 整个实验过程中采用同一雨强。试验装置具体见图 1 所示。

1.2 试验方案设计

在已建边坡坡面铺 5 cm 厚的沙、膨润土、秸秆不同配比方案的拌合物覆盖层, 配比方案如下: (1) 方案一, 坡面不做任何护面, 直接冲刷沙体 (坡体); (2) 方案二, 沙子与膨润土质量比 4: 1, 加水拌和做成抹面; (3) 方案三, 沙子与膨润土质量比 4: 1,

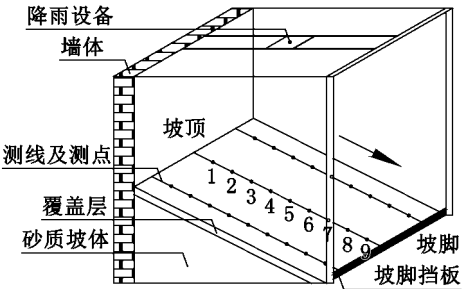


图 1 冲刷试验装置图
Fig.1 The test device

不加水拌和覆盖于坡面; (4) 方案四, 沙子、膨润土、秸秆质量比 4: 1: 0.1, 不加水拌和覆盖于坡面。各种配比方案的拌合物覆盖层做好后, 覆盖于坡体之上均放置一天后在同一降雨强度 (80 mm/h) 下冲刷 1 h。

2 坡面冲刷过程分析

2.1 方案一——沙坡无覆盖层 (裸坡) 直接冲刷

未添加任何材料的沙坡, 在降雨的整个过程中由于坡体本身渗透性特别好而未产生径流, 降雨前期, 坡体表面含水量少, 沙体松散, 雨滴砸下形成的冲蚀坑较大且明显, 此阶段为雨水击打土体过程, 如图 2(a) 所示。随着降雨的进行, 坡体含水量增加对下落的雨滴起到了缓冲作用, 坡面雨滴冲蚀坑现象减轻, 坑的深度和直径均减小, 如图 2(b) 所示。降雨经由土体内部下渗到坡脚, 坡体含水量增大, 土体强度降低, 不稳定性增加, 坡脚塌陷并向前滑移, 随着降雨的进行, 坡脚沙体坍塌滑移的程度不断加重, 且速度越来越快。图 2(c)、(d)、(e) 所示为不同时间点坡脚破坏示意图。

2.2 方案二——沙、膨润土湿拌覆坡

图 3(a) 为沙子与膨润土湿拌混合物抹面覆盖层

表 1 试验用沙颗粒组成分析表
Tab.1 Particle composition of sand

颗粒组成						界限粒径				界限系数	
砾石	粗砂	中砂	细砂	粉粒	粘粒	有效粒径	中间粒径	平均粒径	限制粒径	不均匀系数	曲率系数
>	2.00	0.50	0.25	0.075	<	d ₁₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	Cu	Cc
2.00	0.50	0.25	0.075	0.005	0.005	/mm	/mm	/mm	/mm	--	--
mm	mm	mm	mm	mm	mm						
--	0.1%	13.8%	85.1%	1%	--	0.124	0.173	0.198	0.21	1.69	1.15

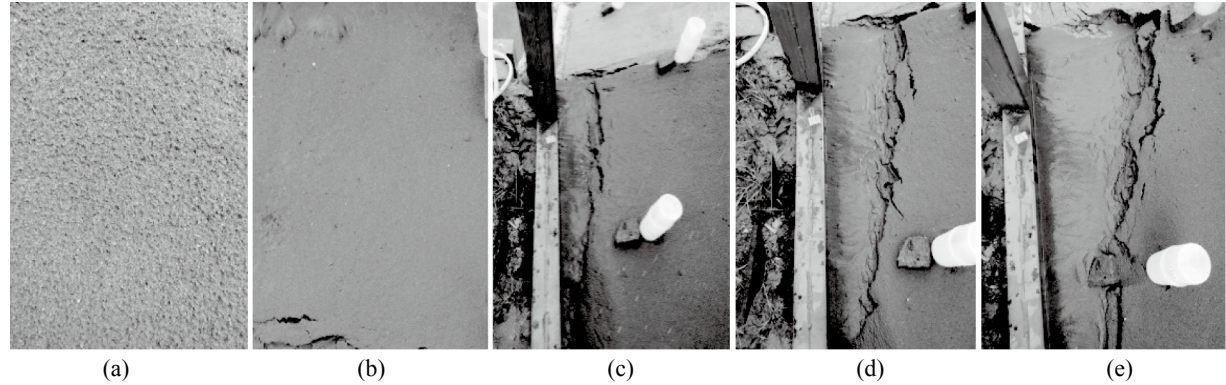


图 2 无覆盖层沙坡冲刷过程图
Fig.2 Scour process diagram of intact slope

刚做好时的状态,覆盖层做好后放置一天后坡顶处出现细小裂缝。在降雨前期坡面砂土处于非饱和状态,雨滴从高处落到坡面对坡面造成冲击,但由于湿拌坡面土体强度高,坡面只出现轻微溅蚀坑,雨滴一部分溅出坑外,一部分被坡面砂土吸收^[5-6]。但由于覆盖层抹面渗透性差,降雨很快就产生径流,主要是膨润土溶于水成束状顺坡留下,如图3(b)所示,坡脚处只有泥水没有沙子。

随着降雨的继续,覆盖层表面逐渐吸水,出现了吸水软化过程^[7],膨润土与沙子同时随水流而下,且出现冲蚀浅沟。如图3(c)所示,随着时间的推移,径流量加大,坡面冲蚀浅沟宽度与深度都在增加,泥沙冲刷量加大。对比图3(c)、(d)即可发现浅沟宽度和深度的变化。在本次模拟降雨冲刷的后期,坡面上未冲刷前产生的细小裂缝由于覆盖层土体吸水软化而闭合。在1 h的降雨冲刷过程中,坡体完整性很好,坡脚未出现破坏现象。

2.3 方案三——沙、膨润土干拌覆坡

图4(a)为沙子与膨润土干拌混合物覆盖层冲刷前状态,在降雨前期雨滴从高处落到坡面对坡面造

成冲击,出现大量溅蚀坑,而雨滴一部分溅出坑外,一部分被坡面砂土吸收。坡面上细小且松散的土颗粒由于雨滴的击打而四处溅散或滚动。

随着降雨的继续,坡面逐渐形成一层泥膜,雨滴对土颗粒的溅蚀作用逐渐消失。当某一区域雨强超过砂土的入渗率时,坡面便开始形成少量积水并向流动,如图4(b)所示。

由于水层薄,冲刷力弱,水流只能搬运一些细小的颗粒,坡面呈现鳞状现象,如图4(c)所示。随着时间的推移,径流量加大,坡面逐渐出现冲蚀浅沟,水流携带的沙子也逐渐增多,坡脚局部土体处于饱和,土体强度降低,坡脚出现了小范围的冲蚀破坏,如图4(d)所示。

2.4 方案四——沙、膨润土、秸秆干拌覆坡

图5(a)为沙子、膨润土与秸秆干拌混合物覆盖层冲刷前状态。此方案的冲刷过程特点与方案三相似,不同处在于,此方案中添加了秸秆后,导致土体间空隙增多增大,土体自然状态下比较松散,所以坡面被雨水冲刷破坏的程度较大,图5(c)、(d)、(e)为坡脚逐渐破坏过程图。

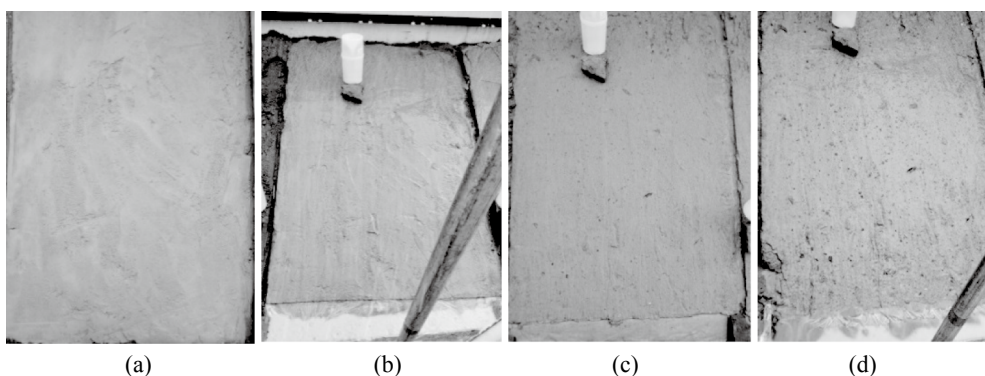


图3 沙、膨润土湿拌覆坡冲刷过程图

Fig.3 Scour process diagram of protection layer composed of sand, bentonite and water

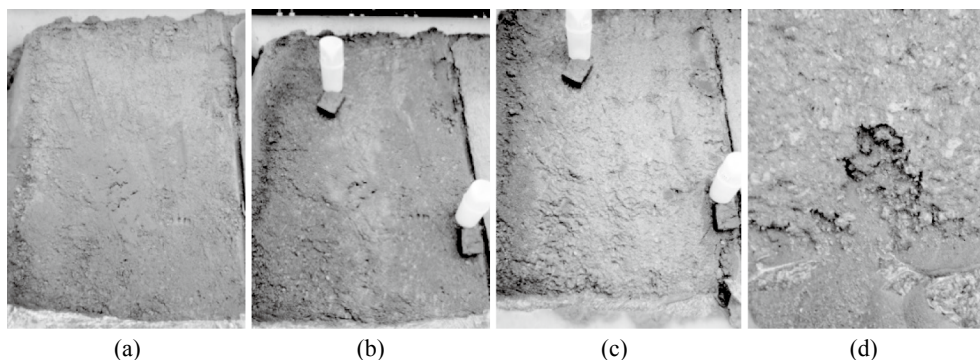


图4 沙、膨润土干拌覆坡冲刷过程图

Fig.4 Scour process diagram of protection layer composed of sand and bentonite

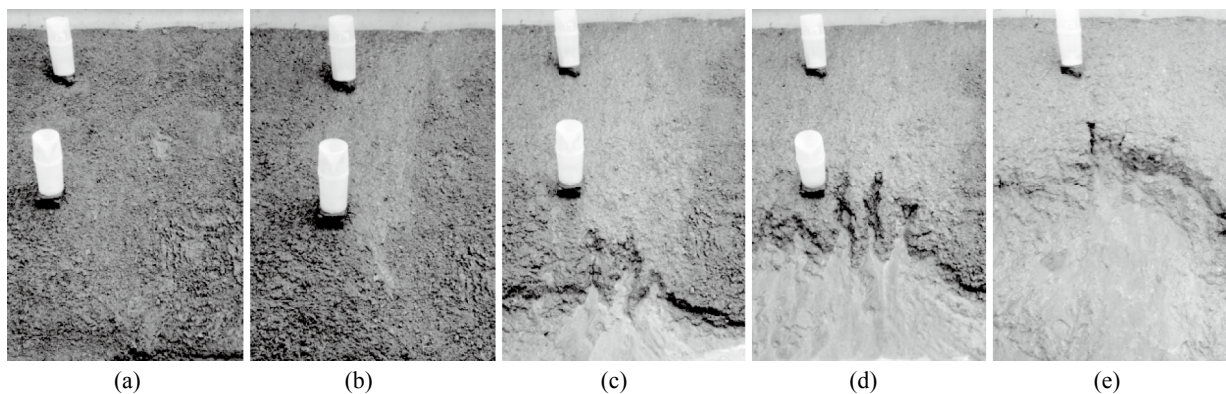


图5 沙、膨润土、秸秆干拌覆坡冲刷过程图

Fig.5 Scour process diagram of protection layer composed of sand, bentonite and straw

3 试验结果分析

图6为四种方案下各个坡面结构被雨水冲刷深度图。坡面顺坡方向总长1.5m,于坡面中央自坡顶至坡脚均匀布置9个点号,测量九个点的冲刷深度来代表整个坡面的冲刷深度情况。结合实验过程及数据分析可得:

方案二和方案三坡面完整性比较好,即坡脚没有出现大范围坍塌破坏的坡面,坡面上半部分冲刷较下半部分坡面严重,主要原因是降雨形成的径流对坡面下半部分有一定的保护作用,上半部分坡面径流小,雨水对坡面击打作用较强,致使坡面上半部分冲刷较下半部分严重。

方案一和方案四坡面发生坍塌破坏,方案一坡脚处无挡板,坡脚处土体直接滑走,使得坡面下半部分冲刷深度持续增加,如图6中方案一所示线型;方案四有挡板,坡脚处土体冲刷深度先持续增加,当坡脚土体滑移至挡板处,土体在挡板处逐渐向上雍高,使得坡脚处冲刷深度先增加后降低,如图6中方案四所示线型。

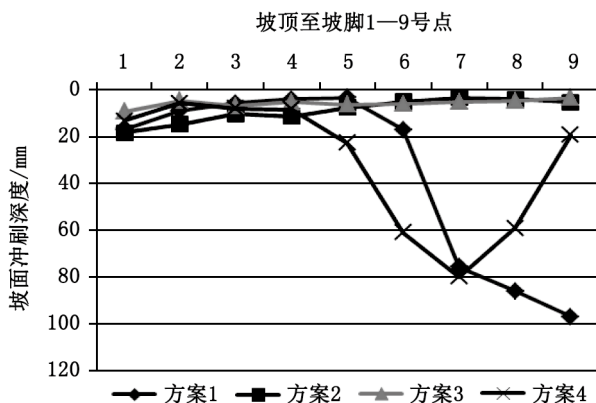


图6 不同坡面保护层冲刷深度图

Fig.6 Scour depth of different slope protection layer

4 结论

1) 采用沙、膨润土湿拌形式形成的护面结构土体强度较高,但其最大缺点是制作费时费力且抹面干燥后极易出现龟裂现象不利于实际工程的施工,此种硬性覆盖层前期也不利于种子萌发。

2) 沙、膨润土干拌覆坡与沙、膨润土、秸秆干拌覆坡土体强度虽没有抹面土体强度高,但其抗冲刷能力能够保障植物种子顺利成长,便于施工的同时,松散的土体也有利于播撒草籽、适宜种子生长。

3) 沙、膨润土、秸秆干拌覆坡中对选用秸秆长度及粗细考虑不足,导致其实际抗雨水冲刷效果没有预想的理想,在实际工程应用中,有条件的地区可在坡面直接覆盖薄层秸秆缓解雨水冲刷、保护草本种子生长。

参考文献:

- [1] 罗斌. 清连公路路堑边坡冲刷影响因素分析[J]. 路基工程, 2000, 89(2): 11-13.
- [2] 李志刚, 吴伟, 陈云鹤. 高速公路路堤边坡冲刷防护临界高度初探[J]. 公路交通科技, 2003, 20(2): 24-27.
- [3] 张擎, 沈波, 艾翠玲. 黄土路基坡面侵蚀影响因素试验研究[J]. 公路交通科技, 2005, 22(9): 20-22.
- [4] 张岩, 朱清科. 黄土高原侵蚀性降雨特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 99-103.
- [5] 刘海松, 倪万魁, 杨泓全, 等. 降雨冲刷对黄土公路边坡植物防护影响的试验研究[J]. 工程地质学报, 2007, 15(4): 527-533.
- [6] 刘俊, 孙树林, 陈泽明, 等. 渗流-应力耦合效应对非饱和土边坡稳定性影响分析[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2016, 33(3): 38-42.
- [7] 高冰, 周健, 张姣. 泥石流启动过程中水土作用机制的宏微观分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(12): 2567-2573.