

土壤固化剂用于渠道防渗工程初探

张海燕, 韩苏建, 李元婷, 李萍

(西北农林科技大学 水利水电科学研究院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 简要介绍了固化剂的特点及工程应用情况, 通过击实、无侧限抗压强度、水稳定性和抗冻试验等方法, 探讨了固化剂用于渠道防渗工程的可行性, 得出抗冻性能成为土壤固化剂用于渠道防渗工程的制约因素这一结论, 可供同行参考。

关键词: 土壤; 固化剂; 渠道防渗; 初探

文献标识码: B **文章编号:** 1000-288X(2004)01-0040-03 **中图分类号:** TV698.2⁷⁴; TV42

An Elementary Study on New Soil Consolidator Used to Control Channel Seepage

ZHANG Hai-yan, HAN Su-jian, LI Yuan-ting, LI Ping

(Institute of Water Resources and Hydropower Research, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shannxi Province, China)

Abstract: The specialties and conditions of engineering a new soil consolidator are introduced simply. The capability of the soil consolidator to control channel seepage is demonstrated by experimental information of the nature of compaction, compressive strength, water stabilization and freeze-thaw resistance. The conclusion reached is that in establishing freeze resistance, the soil consolidator is limited in controlling channel seepage. This study provides a reference for others engineering soil consolidators.

Keywords: soil; consolidator; channel seepage control; elementary study

半个世纪以来, 国外不断深化研究开发一种全新的工程材料土壤固化剂, 这种优异的复合材料, 具有水泥所不具备的一些特点, 其作用对象是各类土壤。目前这种材料的应用技术在国外已很成熟, 被广泛的应用到各类工程中, 我国其已成功应用于公路路基。在水利工程上, 国内某些科研机构也已着手固化土抗渗、抗冻、抗压等力学性能方面的研究, 并开始在堤防工程上进行应用试验研究。

土壤中含有的水分, 用常规方法碾压及蒸发, 只能将土壤中的自由水和空隙水减少, 而不能将土粒内部、周围及其结合部位的结晶水、吸着水、张力附着水、毛管水排除, 遇到雨水浸渍, 被压实的土壤仍旧会发生膨胀, 并导致土体损坏。而用土壤固化剂处理后压实的土壤, 除了对因化学作用而成为不可分割的分子结晶水外, 吸着水、张力附着水、毛管水都会在离子交换反应下与土粒分离并得以排除, 使得压实工作达到最高境界, 同时也消除了土壤颗粒的湿胀、热缩现象。由于土壤固化剂牢固黏附在土壤颗粒上, 使土壤变“亲水性”为“憎水性”。经过压实的土壤不会再出现“二次泥化”。

1 固化剂的试验研究

本次试验选用的固化剂有粉状固化剂 A, 粉状固化剂 B 和液态固化剂 C, 液态固化剂 D, 液态固化剂 E。土壤选自陕西省杨凌高新技术开发区, 属于粉质壤土。水泥为陕西扶风普硅 32.5R 型。

本次研究固化土的目的是探讨在渠道防渗工程上使用固化土的可行性。为此在选择混合料配比时以《渠道防渗工程技术规范》SL18—91 为依据。本次试验水泥掺量为土料的 9%, 固化剂最佳掺量按产品使用说明选取。

1.1 击实试验

本次研究采用轻型击实确定固化土混合料的最大干密度和最优含水量。5 种固化剂和水泥土击实试验结果见表 1。

表 1 固化土和水泥土击实试验结果

| 试样名称 | A | B | C | D | E | 水泥土 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| 最优含水率/% | 18.0 | 14.2 | 17.8 | 18.0 | 16.0 | 16.5 |
| 干密度/(g·cm ⁻³) ¹ | 1.71 | 1.77 | 1.74 | 1.76 | 1.72 | 1.72 |

注: ①最大干密度。

收稿日期: 2003-04-20

修回日期: 2003-07-20

资助项目: 国家科技委推广项目“土壤固化剂用于渠道防渗工程试验研究”

作者简介: 张海燕(1967—), 女(汉族), 陕西泾阳人, 工程师, 从事建筑材料研究工作。电话(029)87082072, E-mail: yan yan671017@sina.com.

从表中可以看出,5种固化土和水泥土的最大干密度均符合SL18—91中允许最小干密度的要求。同一种土壤,由于使用了不同的固化剂,在压实土体达到最密实时,其最优含水率是不同的。因此我们在使用土壤固化剂时,一定要根据固化剂的品种和所固化的土壤种类,通过击实试验来确定最大干密度和最优含水量,以便更好地发挥固化剂的固化作用。

1.2 无侧限抗压强度试验

1.2.1 试样制备及养护 试样制备及养护方法参考《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ057—94进行。本次试验采用的试样为 $\phi 10 \times 10$ 圆柱体。

根据击实试验结果,按量称取固化土各组分材料,利用双向静压法将土压实。将制作好的试样套上塑料袋,并将试样放置在环境温度为 28 ± 3 C的室内,自然养护到所需龄期。

1.2.2 试样的无侧限抗压强度 无侧限抗压强度分浸水和不浸水2种情况。在试验前首先要将需浸水的试件饱水24 h。无侧限抗压强度试验结果见表2。

表2 无侧限抗压强度试验结果

| 固化土名称 | 7 d | | 28 d | |
|-------|------|------|------|------|
| | 浸水 | 不浸水 | 浸水 | 不浸水 |
| A | 2.09 | 2.30 | 2.50 | 3.50 |
| B | 1.80 | 2.25 | 3.06 | 4.19 |
| C | 2.84 | 4.21 | 3.37 | 5.61 |
| D | 0.82 | 1.23 | 1.08 | 1.94 |
| E | 1.42 | 2.90 | 1.44 | 3.90 |
| 水泥土 | 1.27 | 2.77 | 1.78 | 3.92 |

《渠道防渗工程技术规范》SL18—91规定水泥土防渗渠道28 d的抗压强度为:干硬性水泥土若常年输水抗压强度为2.5 MPa;若季节性输水抗压强度为4.5 MPa。从表中可以看出,C固化土的抗压强度满足季节性输水、小渠道的要求,A,B,E、水泥土抗压强度满足常年输水、小渠道的要求。D固化土抗

压强度太低,不宜直接使用在渠道防渗工程中,可在其表面加保护层,提高其防渗能力。

固化土浸水后存在浸水软化现象,而且固化剂不同,其软化程度也不同。固化土遇水的软化稳定程度可以用水稳定系数 $K_{w,T}$ 来评价,即一定龄期下,同一配比试件的浸水后抗压强度与未浸水下抗压强度的比值。试验结果计算出的水稳定系数见表3。

表3 水稳定系数 K_w 计算成果

| 固化土名称 | $K_{w,7d}$ | $K_{w,28d}$ |
|-------|------------|-------------|
| A | 0.91 | 0.71 |
| B | 0.80 | 0.73 |
| C | 0.67 | 0.60 |
| D | 0.67 | 0.56 |
| E | 0.49 | 0.37 |
| 水泥土 | 0.46 | 0.45 |

从表3可以看出,各固化土水稳定系数相差较大。在渠道防渗工程中,应首选水稳定系数比较大的固化剂,这样才能提高最大不冲流速和渠道的输水能力,减少渗漏损失。最大不冲流速和水稳定系数的关系,有待于进一步研究。

1.3 固化土抗冻试验

抗冻试验参考混凝土慢冻法进行。抗冻等级可用该组试件的重量损失率或强度损失率来衡量。当试件重量损失率大于5%或强度损失率大于20%时,结束冻融试验,此时对应的冻融循环次数为该组试件的抗冻等级。由于所有固化土经过有限次冻融循环,试件表面基本上都不平整或断面不完整,无法进行强度测试,因此对于固化土冻融特性采用重量损失率指标评价。冻融循环试验结果见表4。

从表4可以明显看出各种固化土抗冻性能的优劣程度,其中C固化土的抗冻等级为 F_{18} ,是所选固化剂中抗冻等级最大的。因此,只有C固化土可直接作为气候温和的无冻害地区的渠道防渗材料。

表4 冻融循环试验结果

| 序号 | 固化土名称 | 冻融循环后重量损失率/% | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| | | 1次 | 2次 | 4次 | 5次 | 8次 | 10次 | 14次 | 17次 | 22次 |
| 1 | A | 0.00 | 0.89 | 2.27 | 3.21 | 7.59 | 12.48 | — | — | — |
| 2 | B | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.62 | 6.97 | — | — | — | — |
| 3 | C | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.81 | 3.95 | 9.36 |
| 4 | D | 6.78 | 16.47 | — | — | — | — | — | — | — |
| 5 | E | 5.55 | 18.78 | 26.60 | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 水泥土 | 6.17 | 14.99 | 22.00 | — | — | — | — | — | — |

1.4 固化土渗透试验

固化土渗透试验依据《土工试验规程》SL237—1999 进行。试验结果见表 5。

表 5 渗透系数试验结果

| 序号 | 固化土名称 | 渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$) |
|----|-------|--|
| 1 | A | 6.59×10^{-6} |
| 2 | B | 5.32×10^{-6} |
| 3 | C | 1.81×10^{-7} |
| 4 | D | 1.17×10^{-7} |
| 5 | E | 7.25×10^{-7} |
| 6 | 水泥土 | 8.59×10^{-6} |

从渗透系数的试验结果看,C,D,E 固化土渗透系数满足《渠道防渗工程技术规范》SL18—91 的要求,可用做渠道防渗体。

2 结 论

(1) A,B,C,E 固化土和水泥土抗压强度均满足常年输水中、小型渠道的要求。D 固化土抗压强度偏低,不宜直接使用在渠道防渗工程中,可在其表面加保护层,提高其防渗能力。看来,抗压强度不是制约固化剂用于渠道防渗工程的因素。

(上接第 31 页)

在 2001—2002 年,D 处理地表径流量仅比对照处理的大。D 处理是果树—花生套作。果树的树冠虽然较小,但对降雨有一定的截留作用,减弱了降雨强度,降低了地表径流量。同时,果树之间的空地种植了花生,形成了一定的覆盖度,也降低了地表径流量,因此产生的径流量是所有处理中较小的。

5 结 论

本文研究分析了 1994—1996 年和 2001—2002 年种植制度与地表径流量的相互关系,得到以下结论。与其它处理相比,杂草生长茂盛的对照处理年径流量是最少的。种植系统中,单一种植制度地表径流量大于轮作制度的地表径流量,而轮作制度中,不同的作物管理措施和作物自身性质对地表径流量也有明显的影响,轮作制度的地表径流量又大于果农间作。作物种植前和收获后的土地翻耕都会暂时的降低小区地表径流量。且农作物的覆盖度与地表径流量呈显著的负相关关系。

(2) 虽然所选用的固化土抗渗性能比较好,但是其抗冻等级确太低,最大者仅为 F_{18} ,不应该应用于有抗冻性能要求的一些防渗渠道。所以,抗冻性能成为土壤固化剂用于渠道防渗工程的一种制约因素。怎样提高土壤固化剂的抗冻等级,已经成为国内在这一方面研究的方向和重点之一。笔者正在从事这一方面的试验研究,试图通过改变固化剂的组分或在固化土表面喷涂涂料来提高土壤固化剂的抗冻等级,从而使土壤固化剂成为可以广泛使用的渠道防渗材料。

[参 考 文 献]

- [1] 李安国,等. 渠道防渗工程技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998. 61—70.
- [2] 中华人民共和国水利水电行业标准. 渠道防渗工程技术规范(SL18—91)[S]. 北京:水利电力出版社,1991. 12—18.
- [3] 中华人民共和国水利水电行业标准. 土工试验规程(SL237—1999)[S]. 北京:水利电力出版社,1999. 232—235.
- [4] 中华人民共和国行业标准. 公路工程无机结合料稳定材料试验规程(JTJ057—94)[S]. 北京:中国标准出版社,1994. 5—7.

[参 考 文 献]

- [1] 骆伯胜,张秉刚,钟继洪,等. 南亚热带丘陵土壤水分循环及其有效性的研究——Ⅲ 降雨入渗与地表径流[J]. 热带亚热带土壤科学,1978,7(2):116—120.
- [2] 安和平. 北盘江流域降雨、径流、产沙相互关系研究[J]. 水土保持学报,1993,8(3):45—50.
- [3] 顾欣庆,于增颜,赵海玉,等. 不同治理措施对坡面径流和泥沙量的影响[J]. 河北林业科技,1994,3:21—22.
- [4] 沈冰,王文焰,沈晋. 短历时降雨强度对黄土坡地径流形成影响的试验研究[J]. 水利学报,1995(3):21—27.
- [5] 蔡国强,马邵嘉,吴淑安,等. 横厢耕作措施对红壤耕地水土流失的试验研究[J]. 水土保持通报,1994,14(1):49—56.
- [6] 水建国,柴锡周,张如良. 红壤坡地不同生态模式水土流失规律的研究[J]. 水土保持学报,2001,15(2):33—36.
- [7] 蔡国强,吴淑安,马邵嘉,等. 花岗岩发育红壤坡地侵蚀产沙规律试验研究[J]. 泥沙研究,1996(1):89—96.
- [8] 于增颜,赵海玉,艾子万,等. 降雨因子对小流域径流的影响[J]. 河北林业科技,1996(2):19—23.