

薄膜防渗渠道的冻融稳定性*

彭万巍¹ 蒋允静² 张建明¹

(1 中科院兰州冰川冻土研究所冻土工程国家重点实验室,甘肃兰州 730000)
(2 西北农业大学水利与建筑工程学院,陕西杨陵 712100)

摘 要 模拟了保护层的工作条件,设计使用滑板法进行较大尺度的室内冻融失稳试验,分析和讨论了饱和土与塑料薄膜界面融化滑动时的力学特性与设计抗滑指标的选用问题

关键词 薄膜防渗渠道, 抗滑指标, 冻融失稳

中国分类号 TV 698 26, TV 322

我国北方广大缺水地区的渠道建设中,塑料薄膜防渗措施,因其效果好,施工简便,造价低廉而受到普遍的重视。防渗薄膜多采用在梯形基坑内就地敷设,经填土复盖压实后,再开槽整坡成渠的施工方法。因而,填土保护层与塑膜界面是滑动的薄弱面。甘肃河西与新疆大部分地区的工程实践表明,渠道冬季行水,保护层饱水冻结,来年春季融化时失稳下滑,成为边坡设计的控制条件^[1,2]。本文借助冻土工程国家重点实验室的优良条件,首次设计和进行了大尺度室内模拟试验,旨在为渠道薄膜防渗设计指标的选用提供依据。

1 材料与方 法

1. 1 土料及制备

试验用土取自甘肃玉门镇疏勒河昌马灌区,其颗粒级配与化学成分如表 1、2。

表 1 土样颗粒分析

土样 编号	小于以下粒级 (mm)所占总重百分数						中径 <i>d</i> ₅₀ (mm)	粒级含量 (%)		
	0.063	0.032	0.016	0.008	0.004	0.002		> 0.05	0.05~ 0.005	< 0.005
01	86.32	81.19	68.81	55.57	39.68	28.27	0.0064	15	41	44
02	80.25	64.79	52.37	40.71	30.14	20.47	0.0140	25	42	33

表 2 土样化学成分分析 cmol/kg

土样 编号	阴 离 子					阳 离 子					总含盐量 (%)
	CO ²⁻	HCO ⁻	Cl ⁻	SO ²⁻	总 量	Ca ²⁺	Mg ²⁺	k ⁺	Na ⁺	总 量	
01	0.000	0.6340	0.5210	0.7090	1.8640	0.5380	0.6570	0.0400	0.4910	1.7620	0.103
	0.000	0.0387	0.0185	0.3401	0.0912	0.0108	0.0080	0.0016	0.0133	0.0316	
02	0.000	0.7100	0.5870	0.8050	2.1020	0.5250	0.7660	0.1020	0.8870	2.2800	0.125
	0.000	0.0433	0.0208	0.0386	0.1027	0.0105	0.0093	0.0040	0.0204	0.0442	

可见,试验土的粘粒含量都较高,按工程常用的三角形分类法,01号为粘土,02号为

收稿日期: 1995-09-12

* 中国科学院兰州冻土研究所冻土工程国家重点实验室基金资助项目。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

粉质粘土;它们的总含盐量均较低,应属弱盐碱土。

土样制备的主要技术指标是密实度(干容重)和饱和度。为了确定试验土样的密实度,曾在现场进行过干容重为 $1.35\text{t}/\text{m}^3$ 的饱和固结快剪试验^[1,3],其平均抗剪指标 01 号土为: $\bar{h}=11.09^\circ$, $\bar{c}=1.04\text{Pa}$; 02 号土为: $\bar{h}=8.16^\circ$, $\bar{c}=0.80\text{Pa}$ 。显然,这样低的抗剪强度是无法适应保护层工作要求的,须要加大密实度。经研究,决定取干容重为 $1.5\text{t}/\text{m}^3$ 进行室内冻融滑动试验。至于饱和度则按一般土工试验要求,经加水浸泡 30~48h 后,01 号的饱和度可达 92%, 02 号可达 98%, 完全满足要求。

1.2 试验装置

滑动试验由一可变倾角的滑板装置来完成,见图 1。制备试样时,滑板处于水平位置,先铺土 5 cm 作为下卧层,上覆塑料薄膜。薄膜上铺设面积为 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$,厚 10 cm 的保护层(滑动层),其表面另加当量荷载,模拟保护层厚度(折算厚度)之变化。此外,滑动界面上预埋热电偶,以测定和控制该层的温度。

1.3 试验方法

当试件按要求制备就位后,先加水浸泡 30~48 h,使之饱和,再移入低温箱冻结。试验表明,冻结温度 $-10\sim -15^\circ\text{C}$,经 48~60 h 即可完全冻透。

滑动试验在常温下进行,当界面融化时(温度在 $0\sim -1^\circ\text{C}$),徐徐增大抬板倾角,同时监测保护层是否有下滑位移,直至发生滑动为止;记录抬板倾角,即临界滑动角 τ 。这种以斜面滑动确定抗剪指标的方法可以称为剪滑试验法。

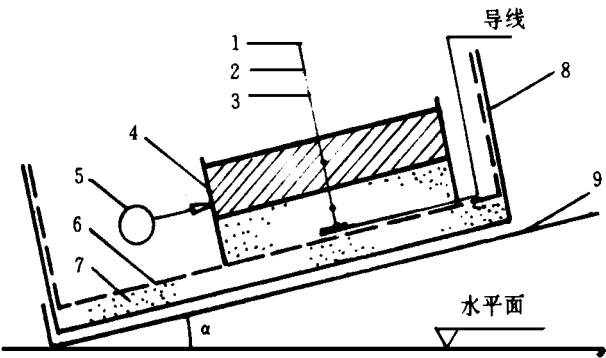


图 1 冻融剪滑试验装置
1.实物荷载; 2.剪滑土层; 3.温度传感器; 4.滑动框;
5.百分表; 6.塑料薄膜; 7.下卧土层; 8.固定箱; 9.抬板

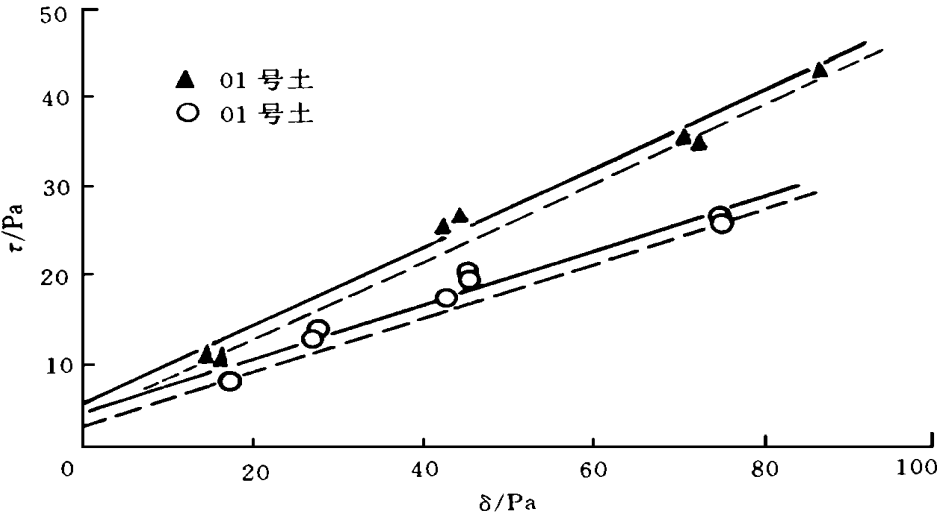


图 2 τ - δ 的关系

2 结果与分析

两种编号的土,分别进行了保护层不同折算厚度的模拟剪滑试验,共计 25 组。对于同一折算厚度,一般都进行了平均测定。经计算,临界滑动时正应力 e 与剪应力 f 的关系如图 2。

可见,实验点据的离散性较大,这说明土与塑膜界面的粘结力不够稳定,且变化较大。为此,可以采用两种不同的抗滑指标整理法:其一是按最小二乘法适直线(图中的实线);其二是保持方法一所确定的直线斜率(h)不变,而将其平行下移至小值包络位置(图中的虚线)。显然,后一方法得到的 c 值较低,使用起来较为安全可靠。按以上两种整理方法所得的抗滑指标如表 3。

表 3 保护层的剪滑试验指标 $V_d = 1.5t/m^3$

土样 编号	最小二乘法适直线		c 值小值包络线	
	$h(^{\circ})$	$c(Pa)$	$h(^{\circ})$	$c(Pa)$
01	23.3	5.4	23.3	3.6
02	16.2	4.9	16.2	2.5

表 3 说明,当保护层的干容重达到 $1.5t/m^3$,其抗剪指标(较干容重仅为 $1.35t/m^3$ 时)就要大得多,这才能够满足或基本满足保护层的工作要求。

3 讨论与建议

自 50 年代土工合成材料进入土木、水利工程领域以来,特别是到 70 至 80 年代,国内外已相继完成了许多研究^[4,5]。但是,有关冻融失稳问题,可能由于设备条件限制,尚很少开展。在一般非冻融情况下,饱水的粘性土和粉砂土中设置土工膜后,其界面常可能由于水份富集而使抗剪强度较原土为低。本次室内冻融模拟试验表明,以粉质粘土为基土的

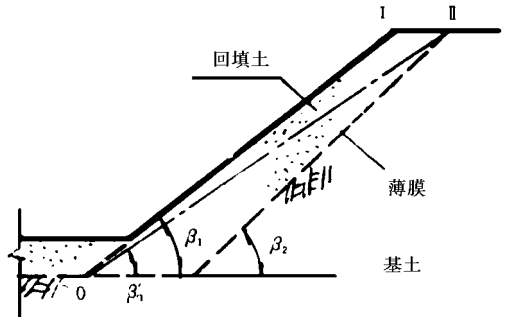


图 3 薄膜的虚拟设定角 U'

薄膜防渗渠坡,坡面保护层冻融失稳的滑动面也是土与薄膜的界面。这一结论,与前人关于非冻融饱水情况的研究是一致的,产生的原因也应该是相似的;不过,在冻融条件下,由于土的冻胀作用,界面强度的削减,应该更为显著。

本次试验采用滑板法来确定抗滑(剪)指标,由于滑动面是已知的,故这对研究保护层的冻融失稳来说,是可行的、合理的。同时,也应指出,尽管我们进行了较大尺度的模拟试验,但尺寸效应总是难免会有的,今后还可继续探讨。

根据本次试验结果,对于成果的使用作如下建议:

1) 由于土与塑膜界面的抗滑能力较相同密实度的纯土低,所以,基坑敷膜斜面的虚拟设定角 U' 应略小于渠槽过水断面的坡角 U_1 ,如图 3。本次试验土的含粘量虽很高,已达到 33%~44%,但保护层与塑膜间的粘结力仍是很低的,且不够稳定。所以,建议在初选

基坑坡角 U_1 时,宜将界面粘结力作为安全储备对待,即直接取虚拟设定角 $U' = \arctan \frac{tg h}{K}$,

式中 K 为设计安全系数,可取 1.1~1.2.

2) 为了提高保护层的抗滑稳定性,须尽可能加大保护层的回填密实度. 对本文的土样而言,使干容重不小于 1.5 t/m^3 是合适的.

3) 土与塑膜界面的粘结力,即使在土壤含粘量相当高时,也仍然是很小的. 故在设计中宜将粘结力作为安全储备对待,不参与保护层的稳定分析计算.

参 考 文 献

- 1 辽宁省水利水电科学研究所.《渠道防渗技术》特辑(4). 1986
- 2 新疆自治区水利厅.新疆水利学会渠道塑膜防渗技术及各种衬砌型式专集.新疆水利科技,1985,1~2
- 3 陈肖柏,安维东,彭万巍等.低密度填土漫一排水固结及其在渠道中的应用.中国科学 A 辑(7),1987
- 4 王育人.土工合成材料在土石坝工程中的应用综述.土石坝工程,1989(3): 96~99
- 5 顾淦臣.土工膜防渗结构评述.河海大学学报,1988,增刊 1: 11~34

The Freezing and Thawing Stability of Plastic Film Antiseepage Canal

Peng Wanwei¹ Jiang Yunjing² Zhang Jianming¹

(¹ State key Lab of Frozen Soil Engineering, LIGG, Chinese Academy of Sciences Lanzhou, Gansu 730000)

(² Department of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract This paper designed an In-door freezing/thawing unstable test on quite a large scale with the simulati of work conditions of protecting layer, as well as analysed and discussed the mechanical properties when thawing slide occulred between saturated soil and plastic film and the probleas in selection of desigh antisliding paraneter.

Key words antiseepage canal with plastic film, antisliding index, freeging/thawing unstability