

苯板与粗砂的摩擦特性试验研究

张军¹, 侍克斌²

(1. 新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000;

2. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 通过两种试验方法测定对苯板与粗砂的摩擦角。试验结果表明:采用土工合成材料综合测定仪时,随着粗砂含水率的增加,摩擦角、粘聚力的变化规律不强,且苯板产生了变形;采用非散粒体材料摩擦角测定仪时,随着粗砂含水率增加,摩擦角基本不变,规律性较好。非散粒体材料摩擦角测定仪优于土工合成材料综合测定仪。

关键词: 含水率; 苯板; 粗砂; 保温; 摩擦特性

中图分类号: TU411.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0074-03

Experiment on friction characteristics between polystyrene board and coarse sand

ZHANG Jun¹, SHI Kebin²

(1. Xinjiang Scientific Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830000, China;

2. Hydraulic and Civil Engineering College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Two kinds of tests are used to measure the friction angle of the coarse sand and polystyrene board. The test results show that with the increase of moisture content of coarse sand, there are not good regularity with the friction angle and cohesive when using comprehensive geotechnical synthetic materials determination. Meanwhile, the polystyrene board generates deformation. With the increase of percent moisture content of coarse sand, the friction angle has good regularity when using non-granular mixtures friction angle determination. Meanwhile, the friction angle is basically unchange. Therefore, the non-granular mixtures friction angle determination is superior to the comprehensive geotechnical synthetic materials determination.

Key words: water content; polystyrene board; coarse sand; insulation; friction characteristics

0 引言

在寒冷地区,衬砌渠道、土石坝普遍存在冻胀问题,冻胀造成了渠道、土石坝边坡的衬砌表面开裂、变形、滑塌、破碎等破坏。防止冻胀的措施较多,传统方法多采用砂砾石层排水保温,近些年,有不少工程采用苯板进行保温,并取得了良好的效果。采用砂砾石层保温,工序较复杂,施工速度慢,并要求工程附近砂砾石料丰富,否则工程造价较高。采用苯板保温,厚度一般取砂砾石保温层的十分之一,因此大大节省了换填工作量,施工方便,保温效果好,节省投资,尤其是在缺乏砂砾石料地区,更显其经济优越性^[1-5]。渠道采用苯板保温,其边坡结构一般是混凝土面板+防渗材料+苯板+垫层材料的衬砌形式,因此苯板与防渗

体、垫层材料的摩擦特性决定了渠道边坡浅层的稳定性,而国内对苯板与防渗材料、垫层的摩擦特性试验研究较少。到目前为止,土工合成材料试验规程中还没有关于苯板的界面摩擦特性试验方法,采用何种仪器测定苯板的界面摩擦特性也未具体说明。本文采用 TZY-1 土工合成材料综合测定仪与非散粒体摩擦角测定仪(该仪器是新疆农业大学水利与土木工程学院自行研发的具有国家发明专利的测试仪器)测定苯板与不同含水率粗砂的摩擦特性,分析两种试验结果,为苯板在实际工程应用提供设计参数。

1 试验设备

1.1 TZY-1 土工合成材料综合测定仪

该仪器主要用于土工合成材料的力学特性试验

收稿日期:2012-05-24; 修回日期:2012-06-10

基金项目:新疆水利水电工程重点学科基金资助项目(xjzdk-2002-10-05);教育部高等学校博士点专项科研基金资助项目(200807580007)

作者简介:张军(1981-),男,四川资中人,工程师,硕士,主要从事水工设计研究工作。

和土与合成材料相互作用特性试验。垂直荷载采用高精度调压阀和滚动隔膜气缸组成的闭环反馈稳压系统;水平荷载采用应变控制加荷方式,由电机驱动变速箱均匀施加;数据理由 8031 单片机控制,采样速度 10 次/s,数字显示应力-时间,自动判断峰值,打印应力-应变或应力-时间数据表格及相应的应力-应变曲线或应力-时间关系曲线。

1.2 非散粒体摩擦角测定仪

该仪器由支座、调平螺母、支座平台、工作台、放大镜、摩擦角度盘、升降螺旋、固定标尺、坡度测盘、材料盒几部分组成。摩擦角的测定范围是 0~90°,工作台长 35.5 cm,宽 10 cm,角度盘的精度为 30 s,材料盒长 30 cm,宽 10 cm,高 9 cm,材料盒主要用于装散粒料。

2 试验材料

制备土样为粗砂,堆积密度为 1.46 g/cm³,级配曲线如图 1;苯板即聚苯乙烯泡沫板,性能指标如表 1。

表 1 聚苯乙烯泡沫板的性能指标

kg/m ³ , kPa, %, W/(m·°C), g/m ² , °C			
密度	抗压强度	弯曲强度	尺寸稳定性在 -40°C~70°C
≥20	≥150	≥220	±0.5
导热系数	吸水性	耐热性	
≤0.04	<80	>80	

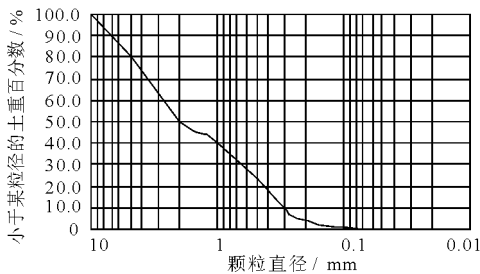


图 1 粗砂的级配曲线

3 试验方法

3.1 TZY-1 土工合成材料综合测定仪

(1) 试验采用应变控制,剪力盒大小为 20 cm ×

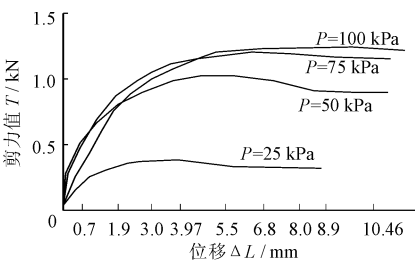


图 2 苯板与干燥粗砂的 $\Delta L - T$ 曲线

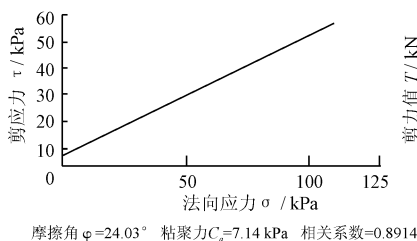


图 3 苯板与干燥粗砂的 $\sigma - \tau$ 曲线

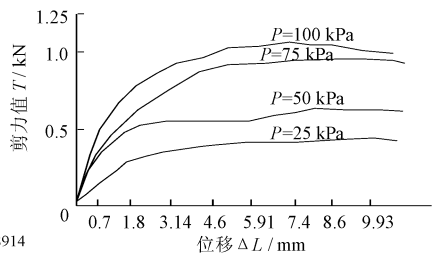


图 4 苯板与含水率 5% 粗砂的 $\Delta L - T$ 曲线

20 cm × 5 cm,剪切速率取 1.60 mm/min。在 25、50、75、100 kPa 不同的垂直压力 P 作用下,得出相应的相对位移-剪应力曲线,再由这些曲线得出相应的最大剪应力,然后将试验结果点绘成 $\tau - p$ 曲线,从而求的似粘聚力 C_0 和似摩擦角或 f 值。

(2) 剪切盒下盒填土,填土厚度 2 cm 为宜,分 3 层击实,每层击数按照击实后土体体积来控制。击锤宜采用方形锤,这样有利于剪切盒内边缘部分土样密实。上盒放入苯板,苯板四周削平,以减小苯板的变形。

3.2 非散粒体摩擦角测定仪

(1) 试验时将仪器放在较平的平面上,用调平螺母调整支座,使得支座平台上的水准气泡居中,保证支座、支座平台处于同一水平面,避免施加的竖向荷载对苯板产生偏心的作用,引起试验误差。

(2) 将不同含水率的粗砂装入材料盒中,采用方形锤分三层击实,方形锤有利于材料盒边缘部分土样击实。最后一层击实后,用刮土刀刮平砂面。

(3) 将装好粗砂的材料盒固定在工作台上,苯板(长 20 cm,宽 8 cm,厚 5 cm)放在粗砂上面,再在苯板上施加 1.25、2.5、3.75、5.0 kPa 四种不同的竖向荷载,通过升降螺母逐渐增加工作台的角度,直到苯板与粗砂开始发生相对滑动,停止拧动升降螺旋,通过放大镜读出角度盘的度数,该角即为苯板与粗砂的摩擦角。为了减少试验结果的误差,更加贴近实际工程,每做一次试验时,必须更换砂和苯板,重新击实粗砂并刮平砂面。

4 试验成果整理及分析

4.1 试验成果整理

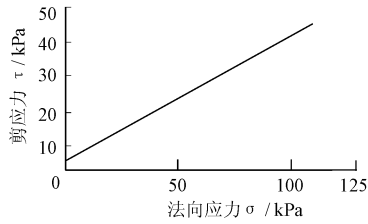
(1) 利用土工合成材料综合测定仪测定苯板与不同含水率粗砂的试验结果见图 2。

(2) 利用非散粒体材料摩擦角测定仪测定苯板与不同含水率粗砂的试验结果如表 2。

4.2 结果分析

4.2.1 采用土工合成材料综合测定仪试验结果分析

(1) 通过对比位移-剪应力曲线图,可将曲线



摩擦角 $\varphi=19.66^\circ$ 粘聚力 $C_s=5.64$ kPa 相关系数=0.9848

图5 苯板与含水率5%粗砂的 $\sigma - \tau$ 曲线

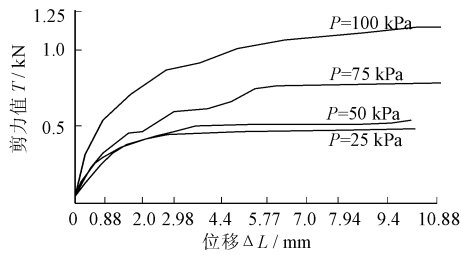
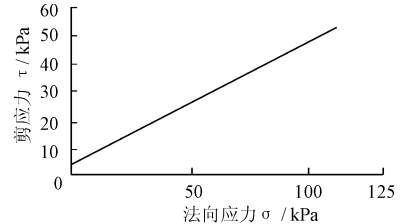


图6 苯板与含水率10%粗砂的 $\Delta L - T$ 曲线



摩擦角 $\varphi=23.08^\circ$ 粘聚力 $C_s=5.02$ kPa 相关系数=0.955

图7 苯板与含水率10%粗砂的 $\sigma - \tau$ 曲线

表2 苯板与干燥粗砂 kPa

竖向荷载	摩擦角					平均值
	1	2	3	4	5	
1.25	33.5	33.3	33.2	34.0	33.8	33.56
2.50	33.0	33.5	32.6	33.5	34.5	34.42
3.75	32.5	33.7	33.5	34.0	34.0	33.54
5.00	34.0	34.1	33.5	33.3	32.8	33.54

表3 苯板与含水率5%粗砂 kPa

竖向荷载	摩擦角					平均值
	1	2	3	4	5	
1.25	33.7	33.3	33.5	33.4	33.8	33.54
2.50	33.3	33.2	34.0	32.6	34.5	33.52
3.75	32.8	33.5	33.5	34.0	33.8	33.52
5.00	32.8	34.2	33.5	33.3	33.8	33.52

表4 苯板与含水率10%粗砂 kPa

竖向荷载	摩擦角					平均值
	1	2	3	4	5	
1.25	33.5	33.5	32.7	33.6	34.0	33.46
2.50	33.2	33.5	32.6	33.5	34.2	33.40
3.75	32.0	33.7	35.0	34.2	34.0	33.78
5.00	33.0	34.2	34.0	33.0	33.5	33.54

分为三个阶段,第一阶段:随着剪应力增加,位移不变,说明上下剪切盒没有发生相对位移,主要是因为苯板与粗砂之间产生了咬合力和嵌固力,两种材料之间的界面作用是静摩擦力,即粘聚力;第二阶段:随着剪应力增加,位移也在增加,但是剪应力的增长速度比位移的增速快,它的增幅大,位移的增幅小,此阶段产生了摩擦力和粘聚力,但它们之间的界面作用主要表现为粘聚力;第三阶段:随着剪应力增加,位移增加,但是位移的增速比剪应力快,增幅大,剪应力的增幅小,此阶段两种材料之间的界面作用是滑动摩擦力,即摩擦角的大小。

(2)从法向应力-剪应力曲线图可以看出,随着粗砂含水率增加,苯板与粗砂的摩擦角、粘聚力变化较大,没有特定的规律。

(3)做苯板与粗砂的试验时发现,苯板发生了竖向与水平方向的变形,上剪切盒发生了不同程度的翘起。当施加垂直力为25 kPa时,靠近施加水平力方向的苯板,水平变形为0.5~1 mm,垂直变形为1~2 mm,上剪切盒翘起2 mm;当施加的垂直力为50 kPa时,苯板的水平变形为1~2 mm,垂直变形为2~3 mm,上剪切盒翘起3 mm;当施加的垂直力为75 kPa时,苯板的水平变形为2~3 mm,垂直变形为3~4 mm,上剪切盒翘起3~4 mm;当施加的垂直力为100 kPa时,苯板的水平变形为3~5 mm,垂直变形为4~5 mm,上剪切盒翘起4~5 mm。

(4)苯板的水平变形是由苯板与粗砂的剪应力引起;随着正应力增大,苯板与粗砂的剪应力增加,水平变形增大,水平变形导致垂直变形增大,上剪切盒翘起越严重。苯板变形增大,使得两种材料之间不能充分接触,试验误差大。

4.2.2 采用非散粒体摩擦角测定仪的试验结果分析

(1)从表2~表4可以看出,苯板与不同含水率的粗砂的摩擦角平均值为33.5°,随着粗砂的含水率增加,苯板与其之间的摩擦角变化很小,可以忽略不计,则摩擦角是不变的。只有摩擦角时,边坡稳定计算公式简单。

(2)随着正应力增加,苯板与不同含水率的粗砂的摩擦角不变,这说明它们之间的摩擦角大小与竖向应力无关,摩擦角只与它们之间接触面的粗糙程度有关,接触面越粗糙,它们之间的摩擦角越大。

(3)在试验过程中发现,施加不同正应力时,苯板不发生垂直及水平方向的变形,也不发生翘起,苯板能与粗砂完全接触,这样测出的结果更加准确,更加贴近工程实际情况。

5 结语

(1)采用土工合成材料综合测定仪进行试验时,随着粗砂含水率的增加,摩擦角、粘聚力没有特

(下转第80页)

以下,此时无空蚀坡度可为任意值,当不平整高度在10~20 mm范围时,可对上游坡、下游坡、横向坡分别按任意、1:2、1:1的无空蚀坡度值控制,由此可见对于本文分析的大部分工况,泄槽水流不会发生空化,仅在 Q 为100、200 m^3/s 时,泄槽1~3号断面对不平整高度进行严格控制可避免水流空化从而解决泄槽底板空蚀问题,上述分析也进一步说明对于达克曲克工程,其溢洪道泄槽段无需设置掺气挑坎等减蚀措施。

4 结 语

(1) 根据冯家山左岸溢洪洞掺气减蚀经验,运用经典算法对达克曲克泄槽不同工况设置掺气挑坎进行分析。结果表明:挑坎临界坎高过大,不符合实际工程经验及规范,本工程不适合设置掺气减蚀设施。

(2) 各个工况下,溢洪道泄槽水流空化数大于0.3,流速低于20 m/s ,可以不设掺气减蚀设施。

(3) 空化空蚀问题可通过控制施工不平整度解决,计算表明大流量情况下,空化空蚀问题并不突出,容易满足施工不平整度要求,流量越小对施工不平整度要求越高,如当 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,计算结果最严格断面要求施工不平整度为13mm,按目前的施工技术水平能够达到。

(4) 总的来看,本工程空化空蚀问题不大,只要稍注意施工不平整度问题,就可满足工程需要。

参考文献:

- [1] 陕西省水利电力勘测设计研究院,水利部水利水电科学研究院水力学所,西北水利科学研究所等.冯家山水库溢洪洞通气减蚀原型观测试验报告[J].陕西水利水电技术,1996(1):50-51.
- [2] 陕西省水利电力勘测设计研究院,水利部水利水电科学研究院水力学所.冯家山水库左岸明流溢洪洞工程通气减蚀设计[J].陕西水利水电技术,1996(1):49.
- [3] 夏毓常.乌江渡、冯家山泄水建筑物通气坎槽通气量原型观测成果分析[J].水利学报,1990,21(2):37-41.
- [4] 肖兴斌.掺气减蚀设施的研究与应用综述[J].长江水利教育,1996,13(1):55-59.
- [5] 林继镛.水工建筑物[M](第5版).北京:中国水利水电出版社,2009,365-367.
- [6] 时启燧,潘水波,邵嫫嫫,等.通气减蚀挑坎水力学问题的试验研究[J].水利学报,1983,14(3):1-13.
- [7] 水利部天津水利水电勘测设计研究院.SL253-2000.溢洪道设计规范[S].2008
- [8] 刘焕芳,吕宏兴.高等流体力学[M].北京:中国教育文化出版社,2005:229-230.

(上接第76页)

定的规律。采用非散粒体摩擦角测定仪进行试验时,摩擦角基本不变,结果规律性较好;只有摩擦角,边坡稳定计算公式简单,结果准确。

(2) 采用土工合成材料综合测定仪进行试验时,苯板产生竖直及水平方向的变形,试验结果存在较大的误差;采用非散粒体摩擦角测定仪进行试验时,苯板不产生变形,试验结果较准确。

(3) 非散粒体材料摩擦角测定仪构思新颖,构造简单,便于操作,便于携带,使用性强,可进行现场试验,可直接测定出苯板与不同含水率粗砂摩擦角和临界坡度。因此,非散粒体材料摩擦角测定仪是一种新型的测试仪器。

参考文献:

- [1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [2] 张文智.聚苯乙烯泡沫塑料板在渠道防冻胀中的应用[J].水利与建筑工程学报,2003,2(2):56-57.
- [3] 陈立国,周玲,王堂.宁夏渠道衬砌防冻胀试验研究[J].中国农村水利水电,2008(9):102-107.
- [4] 张彦武.聚苯乙烯泡沫板在渠道防冻胀中的运用[J].甘肃水利水电技术,2009(1):7-9.
- [5] 张汉军.聚苯乙烯保温板在渠道衬砌中防冻胀应用技术[J].甘肃水利水电技术,2003(4):294-295.
- [6] 新疆农业大学水利与土木工程学院.非散粒体材料摩擦角测定仪[P].中国专利:VL20051007935.17,2007-07-25.