

前 言

土工布及土工布有关产品是指用于岩土工程和土木工程的、可渗透的聚合物材料,包括机织土工布、针织土工布、非织造土工布、土工格栅、土工网和土工复合物等产品。土工布在工程中主要具有防护、隔离、过滤、加强和排水等功能。由于土工布具有强度高,柔性大,耐腐蚀性好,造价低,运输和施工方便,适应性强,质量易于保证等经济和技术上的优势,在护坡、堤坝、航道整治、挡土墙、软基处理、公路和铁路路基、机场跑道、各种蓄水池等诸多工程中得到了广泛的应用,涉及包括水利、电力、交通、建筑等多个领域。土工布作为新型建筑材料。埋在土内和周围土体构成复合体系,在外荷载及自重作用下变形时,将会沿其界面发生相互摩擦,因此土工布与砂土之间的摩擦特性是工程应用中的一个重要指标。本标准使用直剪仪和标准砂土对土工布进行直接剪切试验,模拟这种作用过程,用以评价土工布的摩擦特性。

本标准正文等效采用了国际标准草案 ISO/DIS 12957-1:1997《土工布及其有关产品 摩擦特性的测定 第一部分:直接剪切试验》的技术内容。附录 A 参考了英国土工布综合性试验方法 BS 6906:1991 第 8 部分《土工布摩擦特性试验方法》附录 A 的内容。

附录 A 为提示的附录。

本标准由国家纺织工业局提出。

本标准由全国纺织品标准化技术委员会产业用纺织品分会归口。

本标准由中国纺织总会标准化研究所负责起草,由水电部北京勘测设计院协作起草。

本标准主要起草人:童金柱、李思远、吴桂琴、陈郁立。

中华人民共和国国家标准

土工布及其有关产品 摩擦特性的测定 第1部分:直接剪切试验

GB/T 17635.1—1998

Geotextiles and geotextile-related products—
Determination of friction characteristics—
Part 1: Direct shear test

1 范围

本标准规定了使用直剪仪测定土工布及其有关产品与标准砂土摩擦特性的方法。

本标准适用于所有土工布及其有关产品。

当使用刚性基座试验土工格栅时,这样与基座间的摩擦结果不一定真实,应对土工布与试样基座之间的摩擦进行校正。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准均会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 6529—1986 纺织品的调湿和试验用标准大气

GB/T 13760—1992 土工布取样和试样准备

GB 14798—1993 土工布 鉴别标志

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 相对位移(s) relative displacement

剪切试验中试样与砂土之间的位移,mm。

3.2 法向力(P) normal force

对试样施加的恒定垂直力,kN。

3.3 剪切力(T) shear force

恒速位移条件下剪切试验中测得的水平力,kN。

3.4 法向应力(σ) normal stress

单位面积的法向力(P),kPa。

3.5 剪应力(τ) shear stress

砂土/土工布摩擦试验中单位面积的剪切力(T),kPa。

3.6 最大剪应力($\tau_{\max}$) maximum shear stress

位移量在剪切面长度的0~10%范围内,沿砂土/土工布界面产生的最大剪切力,kPa。

3.7 摩擦角(ϕ_g) angle of friction

土工布和土之间的摩擦角,为最大剪应力对法向应力关系图中各点的“最佳拟合直线”的斜率,单位

国家质量技术监督局 1998-12-24 批准

1999-03-01 实施

度。

3.8 表观粘聚力(C_{ag}) apparent cohesion

土工布与土之间的抱合力,为最佳拟合直线上法向应力等于0时的剪应力。

3.9 砂土最大剪应力($\tau_{s,max}$) maximum shear stress in sand

砂土(在一定法向压力下)的最大剪应力。

3.10 砂土/基座最大剪应力($\tau_{sup,max}$) maximum shear stress sand/support

砂土/试样基座剪切试验中的最大剪应力,kPa。

3.11 摩擦比 $f_{g(o)}$ friction ratio

在相同的法向应力下,砂土/土工布间最大剪应力 τ_{max} 与砂土最大剪应力 $\tau_{s,max}$ 之比。

4 原理

使用直剪仪对砂土/土工布接触面进行直接剪切试验,测定砂土/土工布界面的摩擦特性。

5 试样

5.1 按 GB/T 13760 规定的方法取样。

5.2 试样数量和尺寸

每种样品,每个被试方向取4块试样。试样的大小应适合于试验仪器的尺寸,宽度略大于剪切面宽度。如果样品两面不同,两面都应试验,每面试验4块试样。

6 调湿和试验用大气

按 GB 6529 规定调湿试样。

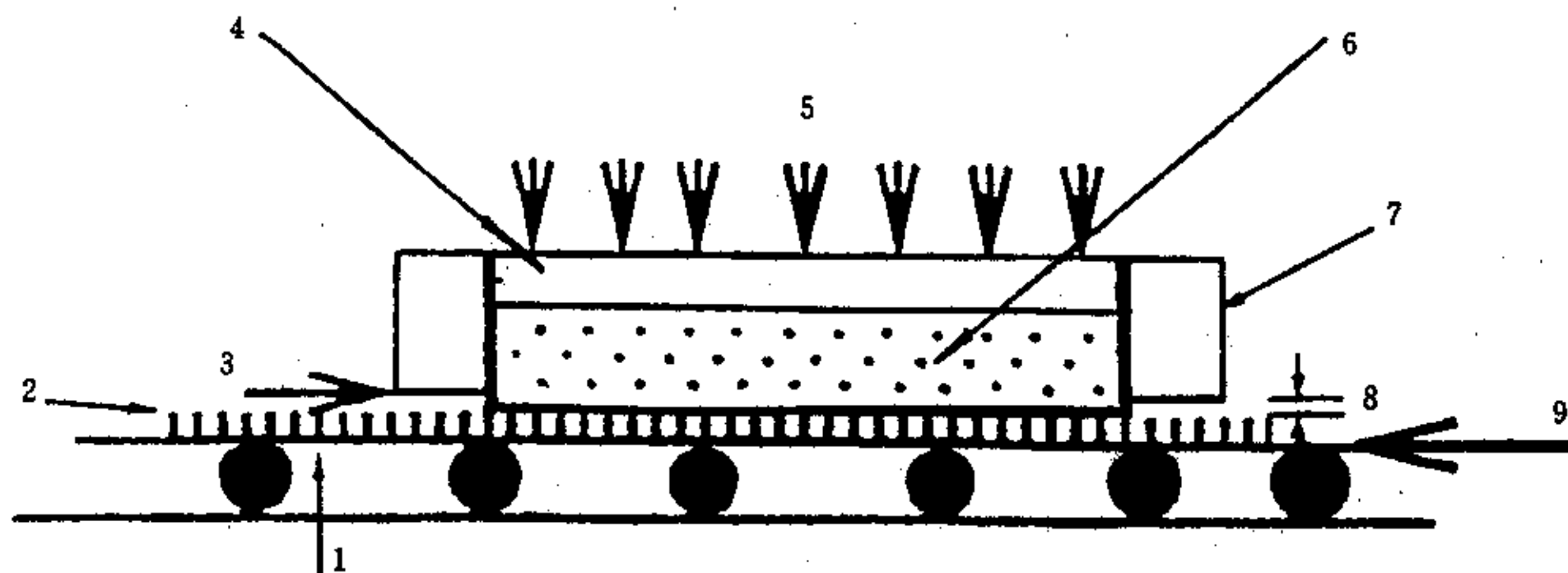
试验应在与调湿相同的大气中进行。

注1:如果试验结果表明相对湿度对结果无影响,对相对湿度可不作要求。

7 仪器及材料

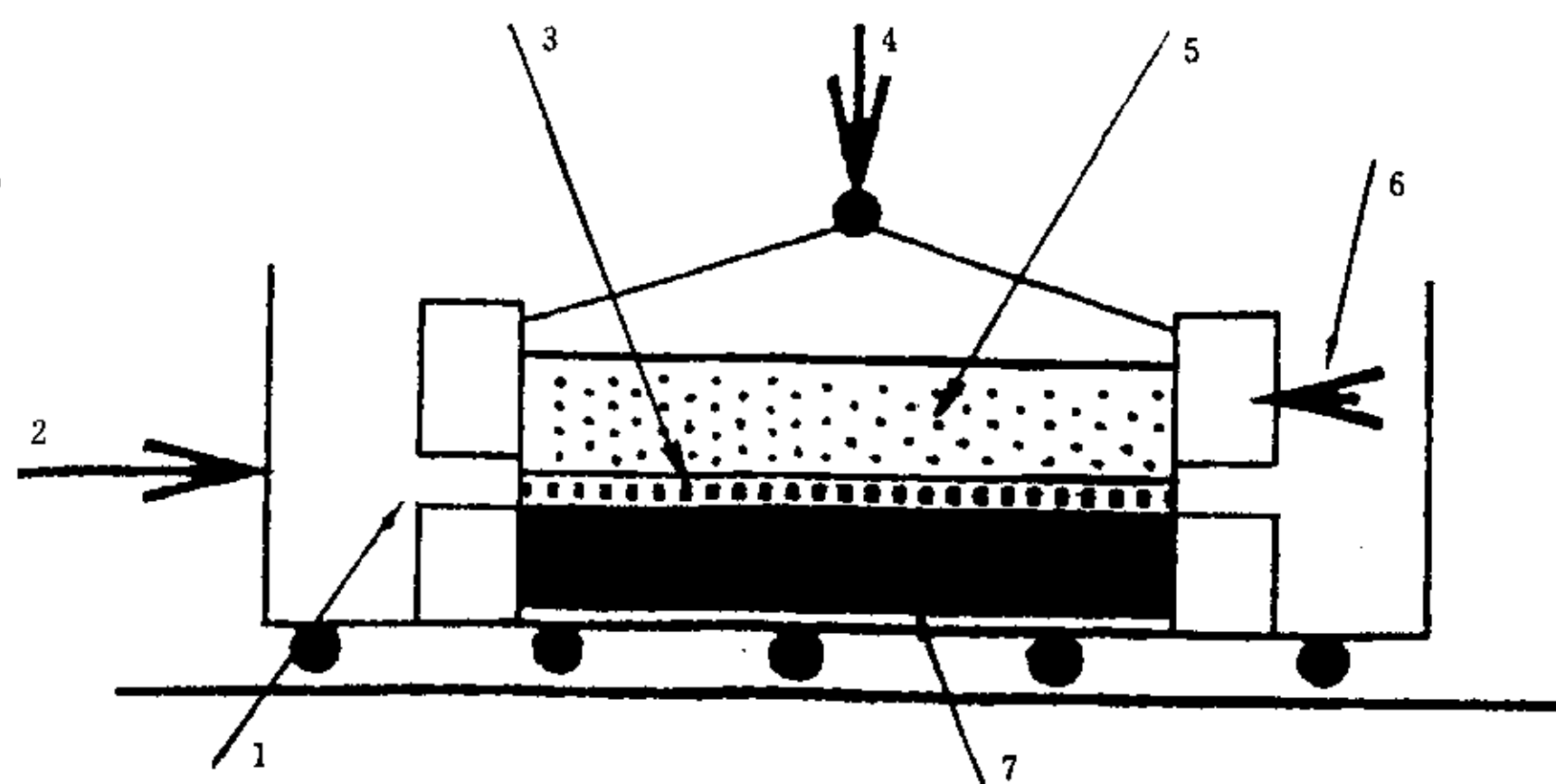
7.1 直剪仪

有接触面积不变和接触面积递减(标准土样直剪仪)两种直剪仪,见图1和图2。



1—刚性滑板;2—土工布试样;3—水平反作用;4—法向力加载系统;5—法向力;
6—标准砂土;7—刚性剪切盒;8—最大0.5 mm 隔距;9—水平力

图1 接触面积不变直剪仪示意图



1—标准剪切盒；2—水平力；3—土工布试样；4—法向力；
5—标准砂土；6—水平反作用；7—试样刚性基座

图 2 剪切面积递减直剪仪示意图

7.1.1 剪切盒

7.1.1.1 接触面积不变的剪切盒

剪切盒分为相互分离的上下两部分，具有足够的刚性，能保证施加负荷时不发生变形。

上剪切盒的内部尺寸应不小于 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ ，盒厚至少应为盒长的 50%，以保证能容纳砂土层和加压系统。试验土工格栅时，剪切盒的最小尺寸还应增加。

仪器的下边部分应足够长，能确保在最小相对剪切位移量为上盒内长的 16.5% 时试样和砂土之间完全接触。

7.1.1.2 接触面积递减的剪切盒（标准土样剪切盒）

上下剪切盒大小相等、尺寸至少为 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 。

7.1.2 刚性滑板

剪切盒应卡装在刚性滑板上，刚性滑板由低摩擦滚排或轴承支撑在机座上，滑板可在剪切方向上自由滑动。

7.1.3 水平力加载仪

水平力加载仪应能对以 $(1 \pm 0.2)\text{ mm/min}$ 恒速位移的剪切盒施加水平剪切力。

7.1.4 施加法向力的装置

能均匀地对剪切面施加法向力，并保持法向力在恒速位移中始终保持法向，精度 2%。

7.1.5 测定剪切力和相对位移的装置

剪切力测量装置的测量精度为 0.5%。

相对位移测量装置的测量精度为 0.02 mm。

注 2：仪器的设计应考虑砂土膨胀，确保剪切盒上下部分之间的间隙等于试样厚度加 0.5 mm。

注 3：填土及压密时上剪切盒与试样之间应装配密封条，以避免土粒堵塞上剪切盒和土工布或土工格栅之间的间隙。

7.2 试样基座

用于放置试样，可为土质基座、硬木质基座、表面粒度为 P80 的氧化铝标准基座或其他刚性基座。

7.3 标准砂土

与试样接触的砂土应为标准细颗粒砂土。其粒径级配见表 1。

表 1 标准砂土规格

筛网孔径,mm	筛余量,%
2.00	0
1.60	7±5
1.00	33±5
0.50	67±5
0.16	87±5
0.08	99±5

如果观察到细砂在试验中有丢失,砂土级配必须重新校正。

可以对砂土加水以避免砂粒分离,但是含水率不得超过 2%,应使用标准土样直剪仪测量砂土在不同法向压力下的最大剪应力及内摩擦角。

8 试验步骤

8.1 将试样平铺在位于剪切盒下边部分内的刚性水平基座上,前端夹持在剪切区的前面。试样与基座之间用胶粘合(如使用 P80 氧化铝标准摩擦基座可不粘合)。粘合后试样应平整、没有折叠和褶皱。试验中试样和基座之间不允许产生相对滑移。

注 4: 对于大孔径(大于 15 mm)、高孔隙率(孔隙面积大于试样总面积的 50%)的土工格栅,也可选用砂土基座(将下剪切盒用标准砂土填充至规定密度)。

当选用刚性板做为高孔隙率土工格栅(或土工布)的基座时,必须进行砂土和基座之间的摩擦试验,求出与每个法向应力相对应的最大剪应力($\tau_{\text{sup,max}}$)。

8.2 安装上剪切盒

用预先称准质量的标准砂土填充上剪切盒,装填厚度 50 mm。砂土厚度应均匀,压密后的干密度为 1.75 Mg/m^3 。

8.3 安装水平力加载仪和位移测量仪(传感器或刻度表)。对试样施加 50 kPa 的法向压力。

8.4 连续或间隔测量剪切力,同时记录对应的相对位移。间隔时间为 12 s,开始时也可视情况加密。

对于 300 mm 长度的剪切面,相对位移达到 50 mm 时结束试验。其他情况下,达到剪切面长度的 16.5%时结束试验。

8.5 拆除设备,仔细地去除标准砂土,检查试样,记录是否发生伸长,褶皱或损坏。

8.6 重复 8.1 至 8.5,在 100、150 和 200 kPa 法向应力下各试验一块试样,共试验三块试样。

8.7 如需要,试验样品的另一方向或另一面。

注 5: 应测定所用直剪仪的固有内阻,当固有内阻与剪切力相比不可忽略时,在进行数据处理时,应先从剪切力测量值中减去固有内阻对测量结果进行修正,再用修正后的结果进行计算。

固有内阻测定方法: 组装直剪仪,不放标准砂土,不加法向力,测定剪切盒以 $(1.0 \pm 0.02) \text{ mm/min}$ 速率移动 50 mm 中的最大剪切力,即为直剪仪固有内阻。

9 计算

9.1 使用式(1)计算每块试样的法向应力:

$$\sigma = P/A \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: σ ——法向应力, kPa;

P ——法向力, kN;

A ——接触面积, m^2 。

9.2 使用式(2)计算每块试样的剪应力:

$$\tau = T/A \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: τ ——剪应力, kPa;

T ——剪切力, kN;

A ——试样接触面积, m^2 。

如果使用接触面积递减的仪器, 则为变值, 每次计算均应使用与最大剪切力出现时相对应的实际接触面积值。

9.3 将剪应力对相对位移作图, 求取每块试样的最大剪应力。当剪应力与位移关系曲线出现峰值时, 该峰值即为最大剪应力, 当关系曲线不出现峰值时, 取位移量为剪切面长度的 10% 时的剪应力作为最大剪应力。

9.4 对于所有试样(4 个), 将最大剪应力对法向应力作图, 通过各点作出最佳拟合直线, 直线与法向压力轴之间的夹角即为土工布和砂土的摩擦角 ϕ_{sg} , 在最大剪应力轴上的截距为土工布和砂土的表观粘聚力 C_{sg} 。

9.5 使用式(3)计算每块试样的摩擦比 $f_{g(\sigma)}$

$$f_{g(\sigma)} = \frac{\tau_{\max(\sigma)}}{\tau_{s, \max(\sigma)}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: $f_{g(\sigma)}$ ——摩擦比;

$\tau_{\max(\sigma)}$ ——在不同法向应力下的最大剪应力, kPa;

$\tau_{s, \max(\sigma)}$ ——在不同法向应力下标准砂土的最大剪应力, kPa。

10 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 标准号及发布日期;
- b) 样品标识(按 GB 14798), 收样及试验时间;
- c) 大气湿度;
- d) 试验温度;
- e) 试样的被试方向(纵向或横向)、正反面;
- f) 剪应力与相对位移关系图, 标示出计算中使用的最大剪应力;
- g) 最大剪应力与法向应力的关系图;
- h) 砂土直剪试验中剪应力与相对位移关系图;
- i) 砂土直剪试验中最大剪应力与法向应力的关系图;
- j) 摩擦比与法向应力关系图;
- k) 摩擦角和表观粘聚力;
- l) 砂土内摩擦角;
- m) 如必要, 砂土/试样基座最大剪应力与法向应力的关系图;
- n) 试验中是否有破损或不正常现象的观察记录;
- o) 偏离本标准的任意细节;

注 6: f)、g)、j) 和 k) 中, 每个被试面和每个被试方向均应作图, 即最多可有 4 组图。

为比较试验结果, 上述的所有图形和数据均应由同一人员判读。

附录 A

(提示的附录)

用于工程设计时土工布直剪试验方法

A1 总则

本附录推荐使用现场土石料进行模拟试验。使用有限尺寸的直剪盒和强迫移动剪切面与实际状况有差异。

A2 土样种类

除非另有需要,被试土样最大颗粒的粒径不应大于剪切盒深度的 $1/8$,对于深 150 mm 的剪切盒,最大粒径为 10 mm。大颗粒砂石的存在将会造成位移和剪应力之间的关系不稳定。粗粒土的土样制备可按 SD 128-028—1987《粗粒土的土样制备》进行。剔除大粒径颗粒后,试验结果较实际可能有所降低。

土样不能反复使用,其数量应能满足试验量的需求。将土样调整到所需的含水量,充分混合。确定填充剪切盒所需土样的质量。

注 1: 根据粗颗粒土含量的不同,将土样击实的方式有多种,可用不同重量的击锤击实。粒径均匀的粗颗粒土,可用震动锤。

A3 土工布试样的准备

除非另有规定,土工布试样应先在水中浸渍至少 24 h,装样前滴水。从水中取出后 5 min 内必须开始试验。

注 2: 土样为湿土,土工布试样可在水中浸渍调湿,土样为风干土,或者土样具有化学或生物活性,应将土工布试样与土样接触储放 24 h 进行调湿。

A4 试验步骤

试验中,土工布试样和土样会因挤压而脱水。试验一般应在界面排干脱水的状态下进行,可选择不同的剪切速度近似控制排水条件。对于导水性强的土工布和非粘性土,可选择 (1 ± 0.2) mm/min 的剪切速度。对于导水性差的土工布和粘性土,剪切速度应根据实际情况选择(一般较 1 mm/min 为慢,最低可至 0.01 mm/min),以便孔隙水压力能够尽可能地消散。

下剪切盒内分层填土、压密、击实,土样表面应凸出下剪切盒的上边缘。粗粒土凸出量为土样 d_{85} 之半,细颗粒土的凸出量为 1 mm。土样表面应平整,击实后的干密度应为与所用击实方法相对应的最大干密度的 $92\% \pm 2\%$ 。将土工布试样无张力地平放在土样表面之上,完全接触,前端用夹具夹持在下剪切盒上。

安装上剪切盒,分层填土压密击实至相同的干密度。

将土工布上表面和上剪切盒之间的距离调整为:粗颗粒土为土样 d_{85} 之半,细颗粒土为 1 mm。

剪切前,土样固化 1 h。

在最少 4 种不同法向压力下进行剪切试验,其中,最大法向压力应不低于设计荷载。

按本标准正文所述方法,求出土工布/土样的摩擦角、表观粘聚力及与土样的摩擦比。

某些场合,需要确定土工布/土工布的摩擦特性。此时可将两块土工布试样分别安装在上下剪切盒内的试样基座上,使两块试样相贴合,进行剪切试验。