

中华人民共和国行业标准

土工合成材料测试规程

Code for Test and Measurement of Geosynthetics

SL/T235-1999

主编单位：南京水利科学研究院
中国土工合成材料工程协会
批准部门：中华人民共和国水利部
网页制作：中国水利科技信息网

1999-02-24 发布

1999-04-01 实施

中华人民共和国水利部

关于批准发布《土工合成材料测试规程》

SL/T235-1999 的通知

水国科[1999]82 号

根据部水利水电技术标准制定、修订计划，由水利部国际合作与科技司主持，以南京水利科学研究院和中国土工合成材料工程协会为主编单位制定的《土工合成材料测试规程》，经审查批准为水利行业标准，并予以发布。标准的名称和编号为：

《土工合成材料测试规程》SL/T235-1999。

本标准自 1999 年 4 月 1 日起实施。在实施过程中，请各单位注意总结经验，如有问题请函告主持部门，并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九九年二月二十四日

前言

编写本规程的目的是为了使土工合成材料的试验方法逐步趋于标准化、统一化，向国际标准靠拢。1988 年原土工合成材料技术协作网组织编制了《土工织物测试方法参考标准》，1990 年原水利电力部委托南京水利科学研究院主持编写《土工合成材料测试手册》，这些工作对试验方法的日趋统一起到了积极作用。近年来，由于土工合成材料的品种及应用取得了较大发展，已有的测试项目有进一步充实和修订的必要。经土工合成材料工程协会与水利部商定，合作编写本规程。本规程共收编 19 个试验项目，主要参考美国标准 (ASTM)、国际标准 (ISO) 及以其为依据的国家标准 (GB)、德国标准 (DIN)、美国公路局 (FHWA) 的《土工织

物工程手册》等。引用和制定这些方法的原则是，结合我国国情和以多年土工试验比较成熟的经验为基础。少部分方法是依据试验室现有条件，经共同研究并经实践证明后而制定的。

本规程解释单位：**水利部国际合作与科技司**

本规程主编单位：**南京水利科学研究院 中国土工合成材料工程协会**

本规程主要起草人：**马梅英 刘宗耀 王育人 王正宏 陈环 杨灿文**

目 次

1 总则	14 刺破试验
2 术语和符号	15 土工膜抗渗试验
3 试验方法的共同规定	16 直剪摩擦试验
4 单位面积重量测定	17 拉拔摩擦试验
5 厚度测定	18 土工格栅、土工网及土工带拉伸试验
6 孔径试验（干筛法）	19 塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验
7 垂直渗透试验	20 软式透水管试验
8 水平渗透试验	21 蠕变试验
9 条样法拉伸试验	22 淤堵试验
10 握持位伸试验	附录 A 试验记录表格
11 撕裂试验	本规程的用词和用语说明
12 胀破试验	条文说明
13 CBR 顶破试验	

1 总 则

1.0.1 为推动土工合成材料在工程建设中的应用，统一材料测试的技术要求，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水利、铁路、公路、水运、建筑、环境等工程中所用的土工合成材料的测试。

1.0.3 土工合成材料性状受试验方法、荷载性质、试样尺寸、加荷速率、试验温度等因素的影响，测试时应按本规程有关规定进行。

1.0.4 土工合成材料的测试除应遵守本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 等效孔径(或称表观孔径)

以土工织物为筛布对颗粒料进行筛析,当一种颗粒料的过筛率(通过织物的颗粒料重量与颗粒料总重量之比)为5%时,则该颗粒粒径尺寸定为土工织物的等效孔径。

2.1.2 垂直渗透系数

水流垂直于土工织物平面水力梯度等于1时的渗透流速。

2.1.3 透水率

水流垂直于土工织物平面水位差等于1时的渗透流速。

2.1.4 水平渗透系数

水流沿土工织物平面水力梯度等于1时的渗透流速。

2.1.5 导水率

水力梯度等于1时水流沿土工织物平面单位宽度内输导的水量。

2.1.6 抗拉强度

试样拉伸时能承受的最大拉力,发生在断裂时或断裂前。

2.1.7 延伸率

试样拉伸时对应最大拉力时的应变。

2.1.8 握持强度

在试样宽度范围内试样在局部被夹持的条件下进行拉伸的过程中出现的最大拉力。

2.1.9 撕裂强度

试样沿规定的切缝逐渐扩展裂口至整个试样的过程中出现的最大撕裂力。

2.1.10 胀破强度

在试样的垂直方向上施加液压，使试样扩张直至破坏，破坏时的液压称为胀破强度。

2.1.11 CBR 顶破强度

一直径 50mm 的圆柱顶杆垂直顶入试样过程中的最大顶压力。

2.1.12 刺破强度

一直径 8mm 的刚性顶杆垂直刺入试样过程中最大刺破力。

2.1.13 压屈强度

塑料排水带的芯带在外力作用下抵抗压裂、倾倒破坏的能力。

2.1.14 排水带通水量

排水带的芯带与滤膜复合体在侧压力作用下沿排水带截面的纵向通水能力。

2.1.15 扁平率

软式透水管在上复压力作用下透水管的径向变形量与管径之比。

2.1.16 蠕变

2.1.17 拉伸蠕变破坏强度

在规定的条件下进行蠕变试验，对应于某一指定时间发生破坏的材料单宽强度。

2.1.18 梯度比

淤堵试验中，土工织物及其上相邻 25mm 土样的复合水力梯度与其上 25mm 至 75mm 范围的土样的水力梯度之比。

2.2 符号

A——面积；
B——宽度；
 C_v ——变异系数；
D——管径；
F——总水平力；
f——土-土工织物界面摩擦系数；
G——单位面积重量；
H——渗径长度；
 Δh ——水位差；

i ——水力梯度；
 k ——垂直渗透系数；
 k_h ——水平渗透系数；
 k_m ——土工膜渗透系数
 L ——长度；
 O_{95} ——等效孔径；
 P ——总法向力；
 p ——法向压力；
 P_h ——胀破强度；
 Q ——通水量；
 t ——历时；
 T_c ——CBR 尺顶破强度；
 T_g ——握持强度；
 T_p ——刺破强度；
 T_s ——抗拉强度；
 T_t ——撕裂强度；
 U ——扁平率；
 W ——渗水量；
 \bar{x} ——平均值；
 δ ——厚度；
 ε ——延伸率；
 θ ——导水率；
 σ ——均方差；
 τ_p ——拉拔摩擦力；
 τ_s ——剪切力；
 Ψ ——透水率。

3 试验方法的共同规定

3.1 目的和适用范围

本章规定的有关土工合成材料的制样方法，试样调湿和测试值的计算公式，是后面各项试验均应遵守的共同规定。

3.2 引用标准

IS09862—90 《土工织物的取样和试样的准备》

3.3 制样方法

3.3.1 制样原则:

1 每项试验的试样应从样品的长度和宽度两个方向上随机剪取,距样品的边缘应等于或大于 100mm,送检样品应不小于 1 延长米(或 2m²)。

2 试样应不含有灰尘、折痕、孔洞、损伤部分和可见疵点。

3 对同一项试验剪取两个以上的试样时,应避免它们位于同一纵向和横向位置上,即采用梯形取样法,如不可避免(如卷装,幅宽较窄),应在试验报告中注明情况。

4 剪取试样时应满足精度要求。

5 剪取试样前,应先有剪裁计划,然后再剪。

6 对每项试验所用全部试样,应予以编号。

3.3.2 上述规定适用于各类土工织物、土工膜和土工复合品,但不包括土工格栅等专门用途制品。

3.4 试样调湿

3.4.1 试样应置于温度为 20±2℃,相对湿度为 60±10%和标准大气压的环境中调湿 24 小时。

3.4.2 如果确认试样不受环境影响,则可省去调湿处理,但应在记录中注明试验时的温度和湿度。

3.5 算术平均值、标准差和变异系数的计算公式

3.5.1 按下式计算算术平均值 \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.5.1)$$

式中 n —— 试验次数;
 x_i —— 第 i 块试样的测试值;
 \bar{x} —— n 块试样测试值的算术平均值。

3.5.2 按下式计算标准差 σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.5.2)$$

式中符号意义同式(3.5.1)。

3.5.3 按下式计算变异系数

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.5.3)$$

式中符号意义同式(3.5.1)。

4 单位面积重量测定

4.1 目的和适用范围

4.1.1 本试验用于测定土工合成材料单位面积重量。

4.1.2 本试验适用于各类土工织物、土工膜和土工复合品

4.2 引用标准

ISO9864—90《土工织物的单位面积质量测定方法》。

4.3 试验设备及用具

4.3.1 剪刀。

4.3.2 尺，最小分度值为 1mm。

4.3.3 天平，感量 0.01g。

4.4 操作步骤

4.4.1 试样准备：

- 1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。
- 2 试样面积应不小于 100cm²，试样长度和宽度的裁剪和测量读数应精确到 1mm。
- 3 试样数量应不少于 10 块，并进行编号。

4.4.2 称量:

将裁剪好的试样按编号顺序逐一在天平上称量, 读数应精确到 0.01g。

4.5 计算

4.5.1 按下式计算每块试样的单位面积重 G:

$$G = \frac{M}{A} \quad (4.5.1)$$

式中 G——试样单位面积重量, g/m²

M——试样重点, g;

A ——试样面积, m²

4.5.2 按本规程 3.4 规定计算单位面积重量的平均值 G、标准差 σ 及变异系数 C_v 。

4.6 记录

4.6.1 单位面积重量试验记录格式见表 A1。

5 厚度测定

5.1 目的和适用范围

5.1.1 本试验用于测定一定压力下土工合成材料的厚度。

5.1.2 本试验适用于各类土工织物、土工膜和土工复合品。

5.2 引用标准

IS09863—90 《土工织物厚度测定方法》。

5.3 试验设备及用具

5.3.1 基准板: 直径应大于压块直径 50mm, 见图 5.3.1。

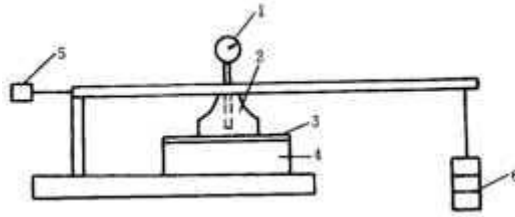


图 5.3.1 厚度测定仪

1—百分表；2—压块；3—试样；4—基准板；5—平衡锤；6—砝码

5.3.2 压块：表面光滑平整，底面积为 25cm^2 ，重为 5N 的圆形压块。压块放在试样上，对试样施加 $2 \pm 0.01\text{kPa}$ 的压力。

5.3.3 加压仪：出力大于 500N 。

5.3.4 百分表：最小分度值 0.01mm 。

5.3.5 秒表：最小分度值 0.1s 。

5.4 操作步骤

5.4.1 试样准备

- 1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。
- 2 试样数量应不少于 10 块，并进行编号。

5.4.2 测定 2kPa 压力下厚度的操作方法：

- 1 擦净基准板和压块，压块放在基准板上，调整百分表零点。
- 2 提起压块，将试样自然平放在基准板与压块之间，轻轻放下压块，试样受力为 $2 \pm 0.01\text{kPa}$ ，接触后开始记时，达 30s 时记录百分表读数。提起压块，取出试样。
- 3 重复上述步骤，测试完 10 块试样。

5.4.3 测定 20kPa 及 200kPa 压力下厚度的操作方法：

- 1 将基准板放在加压仪上，再将压块放在基准板上，调整百分表零点。
- 2 提起压块，将试样自然平放在基准板和压块之间，轻轻放下压块，调节加压仪上荷重，使试样受力达 $20 \pm 0.1\text{kPa}$ ，压力加上后开始记时，达 30s 时记录百分表读数。
- 3 仍按上述步骤调节加压仪上荷重，试样受力达 $200 \pm 1\text{kPa}$ ，压力加上后开始记时，达 30s 时记录百分表读数。
- 4 重复本条 5.4.3-2 及 5.4.3-3 步骤，测试完 10 块试样。

5.5 计算及绘图

5.5.1 按本规程 3.4 规定分别计算每种压力下 10 块试样厚度的算术平均值 \bar{x} 、标准差 σ 及变异系数 C_v 。

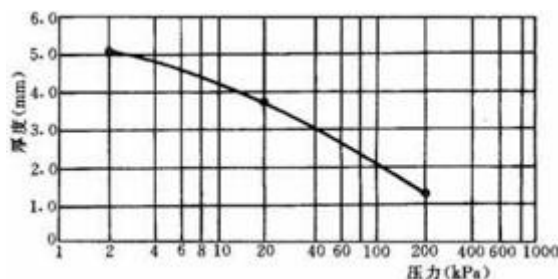


图 5.5.2 无纺土工织物的厚度—压力关系曲线

5.5.2 绘厚度与压力关系曲线，横轴为压力对数值，纵轴为厚度平均值，见图 5.5.2。

5.6 记录

5.6.1 厚度试验记录格式见表 A2。

6 孔径试验(干筛法)

6.1 目的和适用范围

6.1.1 本试验用干筛法测定土工织物的等效孔径 E0S (或称表现孔径 A0S) 和孔径分布曲线。

6.1.2 本试验适用于有孔隙的各类土工织物和土工复合品。

6.2 引用标准

ASTM D4751—87 《土工织物表观孔径测定》；
GB 6003—85 《试验筛》；
GB 9909—88 《振筛机》。

6.3 试验设备及用具

6.3.1 标准试验筛：直径 200mm。

6.3.2 振筛机：具有水平摇动和垂直振动(或拍击)装置应符合 GB9909—88《振筛机》的规定。

6.3.3 天平：称量 200g，感量 0.01g。

6.3.4 振筛用的颗粒材料。将洗净烘干的颗粒材料用筛析法进行分级制备，按标准试验筛孔径分级如下：0.063~0.075mm, 0.075~0.090mm, 0.090~0.106mm, 0.106~0.125mm, 0.125~0.150mm, 0.150~0.180mm, 0.180~0.250mm, 0.250~0.350mm 等。

6.3.5 其他用品：秒表，细软刷子。

6.4 试样准备

6.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样，其直径应大于筛子直径。

6.4.2 应取 5 块试样，如果试样为针刺土工织物，振筛后，若嵌入织物的颗粒不易清出时，织物试样不能重复使用，这时，试样数为 $5 \times n$ (n 为选取的粒径级数)。

6.5 操作步骤

6.5.1 将试样放在筛网上，并固定好。

6.5.2 称量颗粒材料 50g，均匀撒布在试样表面。

6.5.3 将装好试样的筛子、接收盘与筛盖夹紧装入振筛机上，开动机器，振筛 10min。

6.5.4 停机后，称量通过试样的颗粒材料重量，然后轻轻振拍筛框或用刷子轻轻拭拂清除表面及嵌入试样的颗粒。如此对同一级颗粒进行 5 次平均试验。

6.5.5 用另一级颗粒材料在同一块试样上重复本节 6.5.2~6.5.4 步骤。测定孔径分布曲线，应取得不少于 3~4 级连续分级颗粒的过筛率，并要求试验点均匀分布。若仅测定等效孔径 O_{95} ，则有两组的筛余率在 95%左右即可。

6.6 计算及绘图

6.6.1 按下式计算某级颗粒的筛余率 R_i ：

$$R_i = \frac{M_t - M_i}{M_t} \times 100\% \quad (6.6.1)$$

式中 M_t ——筛析时颗粒投放量，g；
 M_i ——筛析后底盘中颗粒重量(过筛量)，g。

6.6.2 按下式计算 5 次平行试验筛余率的平均值 \bar{x} :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^5 R_i / 5 \quad (6.6.2)$$

式中符号同式(6.6.1)。

6.6.3 用各级颗粒的平均筛余率与相应各级颗粒的平均粒径在半对数纸上绘孔径分布曲线, 见图 6.6.3。

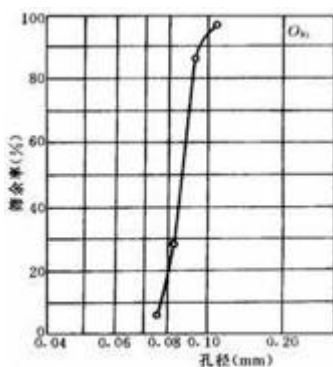


图 6.6.3 孔径分布曲线

6.7 记录

6.7.1 孔径试验记录格式见表 A3。

7 垂直渗透试验

7.1 目的和适用范围

7.1.1 本试验用于测定在常水头 10cm 或符合层流条件下土工织物的垂直渗透系数和透水率。

7.1.2 本试验适用于具有透水性能的各类土工织物和土工复合品。

7.2 引用标准

ISO / FDIS11058—98T(E) 《土工织物及其相关产品无压时的垂直渗透试验》。

7.3 试验设备及用具

7.3.1 试样夹持器，见图 7.3.1。

- 1 夹持器的有效过水面积为 $20\sim 100\text{cm}^2$ ，应能装单片和多片土工织物试样。
- 2 试样与夹持器周壁必须密封良好，不得有渗漏。

7.3.2 上下游水位容器：

- 1 容器应有溢流装置，在试验过程中保持常水头。
- 2 容器应能调节水位，水头变化范围为 $1\sim 60\text{mm}$ 。

7.3.3 量测系统的管路宜短而粗，减小水头损失。

7.3.4 其他：秒表、量筒、吸球、水桶等。

7.3.5 对新安装的量测系统应作空态(无试样)率定，以确定设备自身的水头损失，并予以修正。

7.4 试验准备

7.4.1 准备好试验用脱气水或蒸馏水。

7.4.2 试样准备：

- 1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。
- 2 试样数量：
 - 1) 单片试样取 10 个试样平行测定；
 - 2) 多片试样取 5 组平行测定。

7.5 操作步骤

7.5.1 事先将试样浸泡在水中并赶出气泡。将饱和试样装入夹持器内，安装操作过程中应防止空气进入试样，有条件宜在水下装样。

7.5.2 渗透仪内注满水，将夹持器放上，尽快安装，应防止试样内水的流失。

7.5.3 向下游容器内注水，使水自试样底部徐徐向上渗出并排气，逐渐使水漫过试样。

7.5.4 调节上游水位，使高出下游水位，水从上游流向下流，并溢出。

7.5.5 待上下游水位差 Δh 入稳定后，测读 Δh ，开动秒表，用量筒接取一定时段内的渗透水量，并测定水。

7.5.6 调节上游水位，改变水力梯度，重复本节 7.5.4~7.5.5 步骤。作渗透流速 v 与水力梯度 i 的关系曲线，取其线性范围内的试验结果，计算平均渗透系数。

7.5.7 重新安装一个试样，重复本节 7.5.1~7.5.6 步骤对其余试样进行试验。

7.6 计算

7.6.1 按下式计算 20℃时的渗透系数，并注明水头条件：

$$k_{20} = \frac{W\delta}{A\Delta ht} \cdot \frac{\eta}{\eta_{20}} \quad (7.6.1)$$

式中 k_{20} ——20℃时试样的渗透系数，cm/s；

W ——渗透水量， cm^3 ；

δ ——试样厚度，cm；

A ——试样过水面积， cm^2 ；

Δh ——上下水头差，cm；

t ——通过水量 w 的历时，s；

η_t ——试验水温 T (℃)时水的动力粘滞系数， $\text{kPa} \cdot \text{s}$ ；

η_{20} ——20℃时水的动力粘滞系数， $\text{kPa} \cdot \text{s}$ 。

水的动力粘滞系数比 η_t / η_{20} 列于表 7.6.1。

表 7.6.1 水的动力粘滞系数比 η_t / η_{20}

温度(℃)	温度修正系数 $\lambda = \eta_t / \eta_{20}$	温度(℃)	温度修正系数 $\lambda = \eta_t / \eta_{20}$	温度(℃)	温度修正系数 $\lambda = \eta_t / \eta_{20}$
11.0	1.261	16.0	1.104	21.0	0.976
11.5	1.243	16.5	1.090	21.5	0.964
12.0	1.227	17.0	1.077	22.0	0.953
12.5	1.211	17.5	1.066	22.5	0.943
13.0	1.194	18.0	1.050	23.0	0.932
13.5	1.176	18.5	1.038	24.0	0.910
14.0	1.163	19.0	1.025	25.0	0.890
14.5	1.148	19.5	1.012	26.0	0.870
15.0	1.133	20.0	1.000	27.0	0.850
15.5	1.119	20.5	0.988	28.0	0.833

7.6.2 计算试样不同水头时的平均渗透系数及全部试样的平均渗透系数。

7.7 记录

7.7.1 垂直渗透系数试验记录格式见表 A4。

8 水平渗透试验

8.1 目的和适用范围

8.1.1 本试验用于测定一定法向压力作用下的土工织物在常水头水流下的水平渗透系数和导水率。

8.1.2 本试验适用于沿水平方向具有输水能力的各类土工织物和土工复合品。

8.2 引用标准

ASTM D4716—87 《土工织物及其相关产品在常水头下的导水率(沿织物平面流动)试验》；

ISO / FDIS 12958—98E 《土工织物及其相关产品沿织物平面输水能力的测定》。

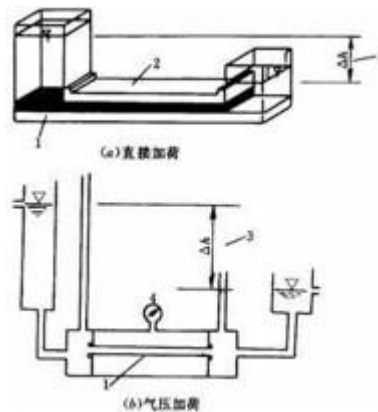


图 8.3.1 水平渗透仪示意图

1—试样；2—加荷板；3—水位差；4—压力表

8.3 试验设备及用具

8.3.1 试样容器：应密封不漏水，有两种形式，见图 8.3.1。

8.3.2 上下游水位容器：水位容器应能调节水位，并在试验过程中水位差保持不变，水位容器高度应满足水力梯度大于 1.0。

8.3.3 加荷装置：施加于试样的法向压力范围宜为 10~250kPa，并在试验过程中保持恒压，对于直接加荷型，在试样上下面应放置塑料橡胶垫层，使荷载均匀施加于整个宽度和长度上，且橡胶垫层应无水流通渠道。

8.3.4 其他用具：秒表、量筒、水桶、温度计等。

8.4 试验准备

8.4.1 试验用水应为脱气水或蒸馏水。

8.4.2 试样准备：

1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

2 试样数量和尺寸：

1) 分别裁剪顺机向和横机向试样各 3 块，当试样较薄时，应取 2 层或 3 层试样重叠为一组进行试验，这时应相应各裁剪 6 块或 9 块试样；

2) 试样宽度应大于 100mm，长度应大于 2 倍宽度。

8.5 操作步骤

8.5.1 将试样包封在乳胶膜或橡皮套内，试样应平整无折绉，周边应无渗漏，对于直接加荷型，应仔细安装试样上下垫层，使试样承受均匀法向压力。

8.5.2 施加 2~5kPa 的压力，使试样就位，随即向水位容器内注入脱气水，排走试样内的气泡。试验过程中试样应饱和。

8.5.3 按现场条件选用水力梯度，当情况不明时，选用水力梯度不大于 1.0。

8.5.4 按现场条件或设计要求选择法向压力，至少进行三种压力的试验，一种压力稍大于设计值，一种稍低于设计值。

8.5.5 对试样施加最小一级法向压力，持续 15min。

8.5.6 抬高容器的水位，使其达到要求的水力梯度。

8.5.7 当水流稳定后，测读通过 500cm³ 渗透水量的时间，或记录 15min 内通过的水量。每个水力梯度下平行测定 3 次。

8.5.8 换一种水力梯度，重复本条 8.5.6~8.5.7 步骤。

8.5.9 增大法向压力，重复本条 8.5.5~8.5.8 步骤对其余法向压力下的试验进行完毕。

8.6 计算

8.6.1 按下式计算土工织物 20℃ 时的水平渗透系数 k_{h20} ：

$$k_{h20} = \frac{WL}{\delta B t \Delta h} \cdot \frac{\eta}{\eta_{20}} \quad (8.6.1)$$

式中 k_{h20} ——土工织物 20℃ 时水平渗透系数，cm/s；

W——渗透水量，cm³；

L、B、 δ ——试样长度、宽度和厚度，cm；

Δh ——上下水水位差, cm;
t ——通过水量 W 的历时, s;
 η_t ——试验水温 T(°C) 时水的动力粘滞系数, kPa·s;
 η_{20} ——20°C 时水的动力粘滞系数, kPa·s。

水的动力粘滞系数比 η_t / η_{20} 见本规程表 7.6.1。

8.6.2 按下式计算土工织物 20°C 时的导水率 θ_{20} :

$$\theta_{20} = k_{h20} \delta \quad (8.6.2)$$

式中 θ_{20} ——织物 20°C 时的导水率, cm^2/s ;

其他符号见式 8.6.1。

8.6.3 计算各个法向压力下的平均水平渗透系数和平均导水率。

8.7 记录

8.7.1 水平渗透系数试验记录格式见表 A5

9 条样法拉伸试验

9.1 目的和适用范围

9.1.1 本试验用于测定条带试样的拉伸强度和延伸率。

9.1.2 本试验适用于各类土工织物、土工膜和土工复合品。

9.2 引用标准

ASTM D4595—86 《用宽条法测定土工织物的拉伸特性》;
ISO 10319—93 《土工织物——宽条拉伸试验》。

9.3 试验设备及用具

9.3.1 拉力机: 应具有等速拉伸功能, 并能测读拉伸过程中试样的拉力和伸长量, 记录拉力—伸长量曲线。

9.3.2 夹具：一对可夹持试样的夹具、钳口面应能防止试样在钳口内打滑，并能防止试样在钳口内被夹坏。两个夹具中的一个支点应能自由转动或为万向接头保证两夹具在一个平面内。

- 1 宽条试样有效宽度 200mm，夹具实际宽度应不小于 210mm。
- 2 窄条试样有效宽度 50mm，夹具实际宽度应不小于 60mm。

9.3.3 量测设备：

- 1 荷载指示值或记录值的误差应不大于相应实际荷载的 2%。
- 2 伸长量的测量设备读数应精确至 1mm。
- 3 可绘制试样的拉力—伸长量曲线。

9.4 试样准备

9.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

9.4.2 纵向和横向试样分别应不少于 6 块。

9.4.3 试样尺寸：

1 宽条试样：裁剪试样宽度 200mm，长度至少 200mm，实际长度视夹具而定，必须有足够的长度使试样伸出夹具，试样计量长度为 100mm。对于编织型土工织物，裁剪试样宽度 210mm，在两边抽去大约相同数量的边纱，使试样宽度达到 200mm。

2 窄条试样：裁剪试样宽度 50mm，长度至少 200mm 必须有足够长度的试样伸出夹具，试样计量长度为 100mm。对编织型土工织物，裁剪试样宽度 60mm，在两边抽去大约相同数量的边纱，使试样宽度达到 50mm。

3 除测干态抗拉强度外，还需测湿态强度时，应裁剪两倍的长度，然后一剪为二，一块测干强度；另一块测湿强度。

9.5 操作步骤

9.5.1 准备好干湿试样。对湿态试样从水中取出至上机拉伸的时间间隔应不大于 10min。

9.5.2 将两夹具的初始间距调至 100mm。

9.5.3 选择拉力机的负荷满量程范围，使试样的最大断裂力在满量程的 10%~90% 范围内，设定拉伸速率为 20mm/min。

9.5.4 将试样对中放入夹具内。为方便对中，事先在试样上画垂直于拉伸方向的两条相距 100mm 的平行线，使两条线尽可能贴近上下夹具的边缘。

9.5.5 开动拉力机，同时启动记录装置，记录拉力—伸长量曲线，连续运转直至试样破坏，停机。

1 若试样在钳口内打滑，或在钳口边缘或钳口内被夹坏，该试验结果应予剔除，并增补试样。

2 当试样在钳口内打滑或大多数试样被钳口夹坏,宜采取下列改进措施:①钳口内加衬垫;②钳口内的试样用涂料加强;③改进钳口面。

9.5.6 重复本节 9.5.4~9.5.5 步骤对其余试样进行试验。

9.6 计算

9.6.1 按下式计算抗拉伸强度 T_s :

$$T_s = \frac{P_f}{B} \quad (9.6.1)$$

式中
 T_s ——抗拉强度, kN/m;
 P_f ——实测最大拉力, kN;
 B ——试样宽, m。

9.6.2 按下式计算延伸率 ε_p :

$$\varepsilon_p = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (9.6.2)$$

式中
 ε_p ——延伸率, %;
 L_0 ——试样计量长度, mm;
 L_f ——最大拉力时的试样长度, mm。

9.6.3 按本规程 3.5 规定分别计算拉伸强度及延伸率的平均值 \bar{x} , 标准差 σ 及变异系数 C_v 。

9.6.4 由试样的拉力—伸长量曲线计算模量。

1 初始拉伸模量 EI: 如果应力—应变曲线在初始阶段是线性的, 取初始切线斜率为初始拉伸模量, 见图 9.6.4(a)。

2 偏移拉伸模量 E0: 当应力—应变曲线开始段坡度小, 中间部分接近线性, 取中间直线的斜率为偏移模量, 见图 9.6.4(b)。

3 割线拉伸模量 Es: 当应力—应变曲线始终呈非线性, 可采用割线法。从原点到曲线上某一点连一直线, 该线斜率即为割线模量, 见图 9.6.4(c)。

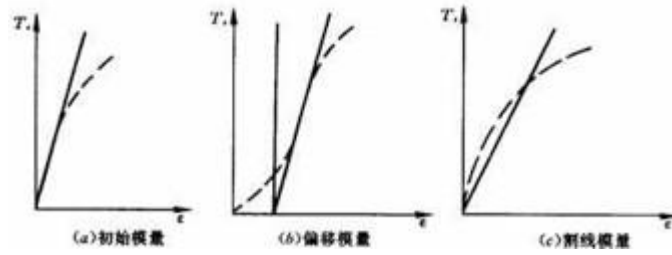


图 9.6.4 拉伸模量表示法

9.7 记录

9.7.1 拉伸试验记录格式见表 A6。

10 握持拉伸试验

10.1 目的和适用范围

10.1.1 本试验用于测定土工织物的握持力

10.1.2 本试验适用于各类土工织物。

10.2 引用标准

ASTMD1682—64 《织物断裂荷载与伸长量的试验方法》。

10.3 试验设备

10.3.1 拉力机应符合本规程 9.3.1 规定。

10.3.2 夹具应符合本规程 9.3.2 规定。夹具钳口面宽 25mm, 沿拉力方向钳口面长 50mm。

10.3.3 量测设备应符合本规程 9.3.3 规定。

10.4 试样准备

10.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

10.4.2 纵向和横向试样分别应不少于 6 块。

10.4.3 试样尺寸：

1 试样宽为 100mm，试样计量长度为 75mm，裁剪长度为 200mm，长边平等于荷载作用方向。在长度方向上试样两端伸出夹具至少 10mm，见图 10.4.3。

2 除测干态强度外，还需测定湿态强度时，应裁剪两倍的长度，然后一剪为二，一块测干强度；一块测湿强度。

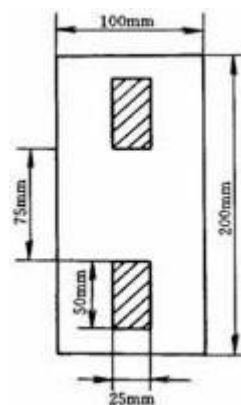


图 10.4.3 握持试样

10.5 操作步骤

10.5.1 准备好干湿试样。对湿态试样应符合本规程 9.5.1 规定。

10.5.2 将两夹具的初始间距调至 75mm。选择拉力机的负荷满量程范围，使试样的最大断裂力在满量程的 10%~90%范围内，设定拉伸速率为 100mm/min。

10.5.3 将试样对中放入夹具内，并使试样两端伸出的长度大致相等，为方便试样在夹具宽度方向上对中，在离试样边缘 37mm 处画一条线，此线刚好是上下夹具边缘线。

10.5.4 开动试验机，连续运转直至破坏，读出最大拉力。当试样在钳口内打滑或被钳口夹坏，按本规程 9.5.5 规定处理。

10.5.5 重复本节 10.5.3~10.5.4 步骤对其余试样进行试验。

10.6 计算

10.6.1 握持强度 T_g 计算全部试样最大拉力的平均值，为 N 。

10.6.2 按下式计算试样的延伸率 ε_p ：

$$\varepsilon_p = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (10.6.2)$$

式中 ε_p ——延伸率，%；

L_0 ——试样初始计量长度，mm；

L_f ——对应最大拉力时的试样长度，mm。

10.6.3 按本规程 3.5 规定分别计算握持强度和延伸率的平均值 \bar{x} ，标准差 σ 和变异系数 C_v 。

10.7 记录

10.7.1 握持试验记录格式见表 A7。

11 撕裂试验

11.1 目的和适用范围

11.1.1 本试验用于测定土工织物的撕裂力。

11.1.2 本试验适用于各类土工织物。

11.2 引用标准

ASTMD4533—85《土工织物梯形撕裂强度试验》。

11.3 试验设备

11.3.1 拉力机：应符合本规程 9.3.1 的规定。

11.3.2 夹具：应符合本规程 9.3.2 规定。试样尺寸见图 11.3.2，夹具宽度不小于 84mm，宽度方向垂直于力的作用方向。

11.3.3 梯形模板：用于剪样，见图 11.3.2(a)。

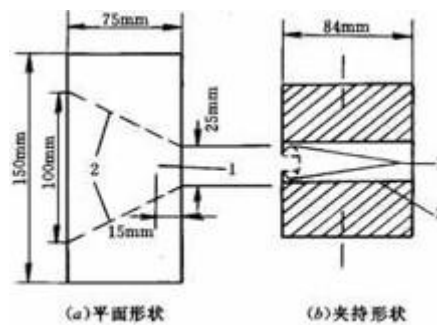


图 11.3.2 梯形撕裂试样

1—切缝；2—夹持线

11.4 试样准备

11.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

11.4.2 测定纵向撕裂力时，试样切缝应剪断纵向纱线；测定横向撕裂力时，切缝应剪断横向纱线。

11.4.3 纵向和横向试样分别应取 10 块试样。

11.5 操作步骤

11.5.1 准备好干湿试样。对湿态试样应符合本规程 9.5.1 规定。

11.5.2 将拉力机夹具的初始距离调整为 25mm，设定拉力机负荷满量程范围，使最大撕裂力在满量程的 10%~90%范围内，设定拉伸速率为 100mm/min。

11.5.3 将试样放入夹具内，使试样梯形的两腰与夹具边缘齐平。梯形的短边平整绷紧，其余部分呈折绉叠合状，见图 11.3.2(b)。

11.5.4 开动拉力机，并记录撕裂力，取最大值作为撕裂强度，单位为 N。当试样在钳口内打滑或被钳口夹坏，按本规程 9.5.5 规定处理。

11.5.5 重复本节 11.5.3~11.5.4 步骤对其余试样进行试验。

11.6 计算

11.6.1 撕裂强度 T_T 计算全部试样最大撕裂力的平均值，单位为 N。

11.6.2 按本规程 3.5 规定，分别计算撕裂强度的标准差 σ 和变异系数 C_v 。

11.7 记录

11.7.1 撕裂试验记录格式见表 A8。

12 胀破试验

12.1 目的和适用范围

12.1.2 本试验适用于各类土工织物、土工膜及土工复合品

12.1.3 本试验用于测定土工织物胀破强度。

12.2 引用标准

AB7742—87《纺织品胀破强度和胀破扩张度的测定弹性膜片法》；

ASTMD3786—80《液压胀破强度试验方法》。

12.3 试验设备及用具

12.3.1 胀破仪示意图见图 12.3.1，其主要部件应符合下列规定。

1 夹具：内径为 30.5mm 的环形夹具，试验过程中中央具内的试样不应滑移或被夹坏。

2 薄膜：为高弹性人造橡胶薄膜，厚约 1.8mm。

3 压力表的满量程应满足试验的最大值在压力表满量程的 25%~75%范围内。

4 液压系统：应能逐步增大薄膜下的液压直至试样胀破，液体压入速率为 170mL/min，胀破时应立即停止加压，并在此压力下容器内的容积保持不变，以便记录使试样胀破的总压力和使薄膜鼓胀的压力。12.4 试样制备

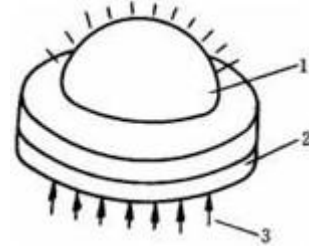


图 13.3.1 胀破试验示意图

1—试样；2—环形夹具；3 液压

12.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

12.4.2 每组试验应取 10 块试样，每块试样直径应不小于 55mm。

12.5 操作步骤

12.5.1 试验前应检查仪器各部分是否正常，需要时应用标准弹性膜片对胀破仪作综合性能校验，弹性膜片发生明显变形时必须更换。

12.5.2 将试样覆盖在膜片上，呈平坦无张力状态，用环形夹具将试样夹紧。

12.5.3 设定液体压入速率为 170mL/min，开动机器，使膜片与试样同时凸起变形，直至试样破裂，并记录试验时间。

12.5.4 读出试样破裂瞬间的最大压力，此即试样破裂所需的总压力值 P_{bt} 。

12.5.5 松开夹具取下试样。测定用同样的试验时间使薄膜扩张到与试样破裂时相同形状所需的压力，此即校正压 P_{bm} 。

12.5.6 重复本节 12.5.2~12.5.5 步骤对其余试样进行试验。

12.6 计算

12.6.1 按下式计算胀破强度 P_{bi} :

$$P_{bi}=P_{bt}-P_{bm} \quad (12.6.1)$$

式中
 P_{bi} ——胀破强度, kPa;
 P_{bt} ——试样胀裂的总压力, kPa;
 P_{bm} ——薄膜校正压力, kPa。

12.6.2 按本规程 3.5 规定计算胀破强度的平均值 P_b 、标准差 σ 和变异系数 C_v 。

12.7 记录

12.7.1 胀破试验记录格式见表 A9。



13 CBR 顶破试验

13.1 目的和适用范围

13.1.1 本试验用于测定土工织物 CBR 顶破强度。

13.1.2 本试验适用于各类型土工织物、土工膜及土工复合品。

13.2 用标准

DIN54307《冲压断裂试验》。

13.3 试验设备

13.3.1 CBR 顶破试验示意图见图 13.3.1, 试验仪器应符合下列规定。

1 CBR 试验仪: 最大出力应大于 50kN, 行程应大于 150mm, 顶压速率为 60mm/min。

2 环形夹具: 夹具内径 150mm, 夹具中心应在圆柱顶压杆的轴线上。

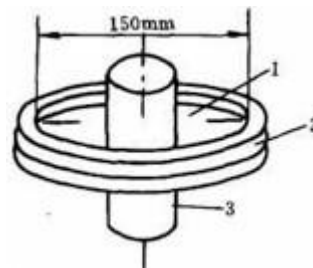


图 13.3.1 CBR 试验示意图

1—试样; 2—环形夹具; 3—顶压杆

13.4 试样准备

13.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

13.4.2 每组试验应取 6~10 块试样，试样直径为 230mm。

13.5 操作步骤

13.5.1 将试样放入环形夹具内，呈自然绷紧状态时拧紧夹具。

13.5.2 将夹具放在加压系统的底座上，调整高度，使试样与顶杆刚好接触。

13.5.3 将顶压速率设定为 60mm/min，开动机器。

13.5.4 记录顶压过程中顶力—变形曲线，直至试样破坏，读出最大顶力。

13.5.5 停机，取下已破坏试样。

13.5.6 重复本节 13.5.1~13.5.5 步骤对其余试样进行试验。

13.6 计算

13.6.1 CBR 顶破强度 T_c ：计算全部试样最大顶力的平均值，单位为 N。

13.6.2 按本规程 3.5 规定计算全部试样标准差 σ 和变异系数 C_v 。

13.7 记录

13.7.1 CBR 顶破试验记录格式见表 A10。

14 刺破试验

14.1 目的和适用范围

14.1.1 本试验用于土工织物的刺破强度。

14.1.2 本试验适用于各类土工织物、土工膜及土工复合品。

14.2 试验设备及用具

14.2.1 拉力机：应符合本规程 9.3.1 的规定，并备有反向器。

14.2.2 环形夹具：内径为 44.5mm，见图 14.3.2。

14.2.3 刚性顶杆：直径 8mm，平头。

14.3 试样准备

14.3.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

14.3.2 每组试验应取 10 块试样，其大小与环形夹具相配。

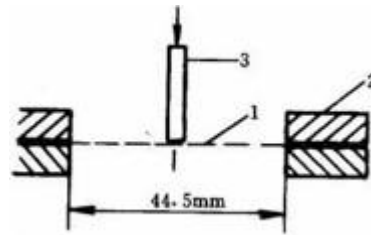


图 14.3.2 刺破试验示意图

1—试样；2—环形夹具；3—顶杆

14.4 操作步骤

14.4.1 将试样放入环形夹具内，自然放平，拧紧夹具。

14.4.2 将夹具放在加压装置上，并对中，顶刺速率设定为 100mm/min。

14.4.3 开机，记录顶刺过程中的最大压力值。

14.4.4 重复本节 14.4.1~14.4.3 步骤对其余试样进行试验。

14.5 计算

14.5.1 刺破强度 T_p ：计算全部试样最大顶刺力的平均值，单位为 N。

14.5.2 按本规程 3.5 规定计算全部试样的标准差 σ 和变异系数 C_v 。

14.6 记录

14.6.1 刺破试验记录格式见表 A11。

15 土工膜抗渗试验

15.1 目的和适用范围

15.1.1 本试验用于测定土工膜在水压作用下的渗透系数。

15.1.2 本试验适用于具有防水性能的各类土工膜。

15.2 试验设备及用具

15.2.1 抗渗试验设备见图 15.2.1，主要包括如下附件。

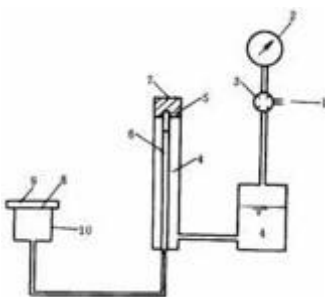


图 15.2.1 抗渗仪示意图

1—气源；2—压力表；3—调压阀；4—水；5—油；6—滴定管；7—体变管；
8—土工膜；9—透水板；10—试样容器

15.2.2 试样容器：过水面积为 $20\sim 100\text{cm}^2$ ，膜一例承受水压力，另一例为透水板。

15.2.3 体变管：借用《土工试验规程》三轴试验的体变管，当试样发生渗漏时，体变管内滴定管的油面下降，油的下降量即为通过试样渗出的水量。

15.2.4 管路系统：体变管与试样之间的联接管路系统必须充满水，在试验压力下各管路及接头不渗漏。

15.2.5 其他：压力表、秒表、温度计、量杯、吸球等。

15.2.6 恒压系统：包括气源、调压阀、压力表等，应在试验过程中保持恒压。

15.3 试样准备

15.3.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

15.3.2 每组试样不得少于 5 块，尺寸与试样容器相配。

15.4 操作

- 15.4.1 对体变管、试样容器及管路系统进行排气，并充满水。
- 15.4.2 打开试样容器、注满水，依次放密封圈，试样，密封圈和透水板，全部夹紧。
- 15.4.3 试验前将体变管内油面调至较高位置。
- 15.4.4 用调压阀渐渐加压，无特定要求时，应加压至 100kPa。
- 15.4.5 加压时观察油面，开始时油面下降较快，其中主要为系统变形所致，不必读数。同时检查管路和各接头是否有渗漏。
- 15.4.6 当油面下降速率逐渐稳定后可开始读数和记录，同时测记水温。
1 读数时间间隔视膜的渗水量而定，对渗水量大的试样应每隔 3~5min 读数一次；当渗水量很小时每隔 30~60min 读数一次。
2 对渗透性较大的试样，滴定管内的油面会较快降至滴定管底部，应及时调整抬高油面，并进行读数转换。
- 15.4.7 试验持续时间视渗水量 ΔW 稳定情况而定，当由渗水量计算的渗透系数基本不变时，即可停止试验。
- 15.4.8 重复本节 15.4.2~15.4.7 对其余试样进行试验。

15.5 计算

- 15.5.1 按下式计算渗透系数：

$$k_{20} = \frac{\Delta W \delta \eta_T}{t A \Delta h \eta_{20}} \quad (15.5.1)$$

式中 k_{20} ——20℃时的渗透系数，cm/s；

ΔW ——渗透水量，cm³；

A ——试样过水面积，cm²；

δ ——试样厚度，cm；

Δh ——土工膜两侧水位差，cm；

t ——通过水量 ΔW 的历时，s；

η_T / η_{20} ——水的动力粘滞系数比，见本规程表 7.6.1；

η_T ——试验水温 T℃时水的动力粘滞系数，kPa·s；

η_{20} ——20℃时水的动力粘滞系数，kPa·s。

- 15.5.2 计算全部试样渗透系数的平均值。

15.6 记录

15.6.1 土工膜渗透试验记录格式见表 A12。

16 直剪摩擦试验

16.1 目的和适用范围

16.1.1 本试验用土工直剪试验技术测定土与土工织物或土工膜之间的界面摩擦阻力。

16.1.2 本试验适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物和土工膜。

16.2 引用标准

ISO/DIS12957—1—98 《土工织物及相关产品摩擦特性测定》。

16.3 试验设备

16.3.1 试验用的直剪摩擦仪示意图见图 16.3.1，各部件应符合下列规定。

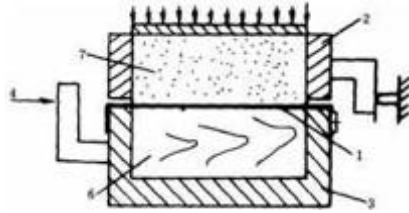


图 16.3.1 直剪试验示意图

1—试样；2—上盒；3—下盒；4—水平推力；5—法向压力；6—硬木；7—土

16.3.2 试样盒：由上、下两盒组成，方形，尺寸宜大于 60mm×60mm，试验时通常上盒固定，下盒滑动，试样固定在下盒上，下盒上应有固定试样的夹持器。

16.3.3 加荷装置：

- 1 法向压力的加压装置应在试验过程中保持恒压，且均匀地作用在土面上。
- 2 水平加荷的装置应能进行应变控制加荷。

16.3.4 量测装置：

- 1 法向和水平向测力装置可用拉压力传感器或其他量力装置。
- 2 垂直和水平位移用百分表或位移传感器测定。

16.4 试样准备

16.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样，试样应能覆盖试样下盒并要固定在下盒上。

16.4.2 每组试验应不少于 3 块试样。

16.5 操作步骤

16.5.1 移去上盒，在下盒内放硬木块，块体高度与下盒顶面齐平。

16.5.2 将试样盖于下盒木块面上，并固定在下盒上，放上上盒，插入上下盒固定销钉，上盒边缘与试样不接触。按工程要求的密度和状态仔细填(压)实上盒内的土。

16.5.3 依次放上加荷顶盖和百分表，施加法向压力后，固结开始，固结所需时间随土性及排水条件而异，固结度可参照 SL237—1999《土工试验规程》。

16.5.4 调整水平加荷装置，使水平顶杆刚好与试样下盒接触，拔去销钉，开动电机，剪切开始，测读并记录位移量和水平推力。位移速率视土性而定，可参照 SL237—1999《土工试验规程》，对砂性土宜取 5mm/min。

16.5.5 连续剪切，当位移量达 6mm 时即可停止试验。

16.5.6 换一块试样，施加另一个法向压力，重复本节 16.5.2~16.5.5 步骤完成全部试验。

16.6 计算

16.6.1 按下式计算抗剪力：

$$\tau_f = F/A \quad (16.6.1)$$

式中 τ_f ——抗剪力，kPa；

F ——实测的峰值水平推力，kN；

A ——试样面积，m²。

16.6.2 计算各级法向压力下的抗剪力，并绘出 $\tau_f \sim p$ 曲线，近似为一直线。

16.6.3 按下式计算土—土工织物的界面摩擦系数 f：

$$f = \frac{\tau_f}{p} \quad (16.6.3)$$

式中 p ——法向压力，kPa；

τ_f ——对应于 σ 的抗剪力，kPa。

16.7 记录

16.7.1 直剪摩擦试验记录格式见表 A13。

17 拉拔摩擦试验

17.1 目的和适用范围

17.1.1 本试验用于测定土工合成材料与土的拉拔摩擦阻力。

17.1.2 本试验适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物、土工膜、土工带和土工格栅。

17.2 验设备

17.2.1 试验设备应符合下列规定，见图 17.2.1。

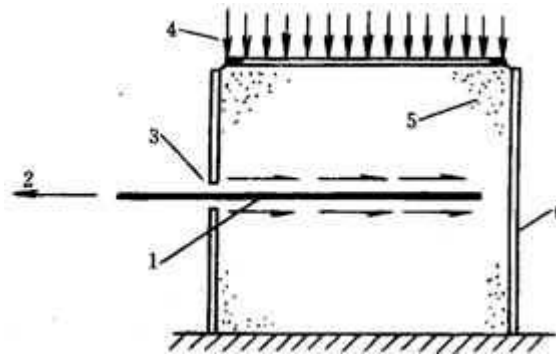


图 17.2.1 拉拔试验示意图

1—试样；2—拉力；3—缝隙；4—法向压力；5—土；6—试验箱

17.2.2 试验箱：可为矩形箱，其侧壁应有足够的刚度，箱体尺寸不宜小于 25cm×20cm×20cm(长×宽×高)，箱一端侧壁的半高处开有横贯全宽的水平窄缝，高约 5mm，供试样引出箱体，紧贴缝壁安置一可上下抽动的板，以调整缝隙大小，防止土粒漏出。

试验箱也可用大型直剪仪的剪切盒改装而成，在上、下剪切盒之间的三边垫放约 5mm 高的垫条，上下盒用销钉固定。

17.2.3 加荷装置和量测装置应符合本规程 16.3 的有关规定。

17.2.4 拉力夹具：夹具有效宽度应比试样宽度大 10mm，夹具应能将试样均匀夹紧。

17.3 试样准备

17.3.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样，试样宽度宜稍小于试验箱宽度，试样长度应使试样不被拉断，由试验确定。

17.3.2 每组试验应不少于 3 块试样。

17.3.3 从试验箱引出的试样端部应进行加固，试验时箱外试样不应发生很大的变形。

17.4 操作步骤

17.4.1 根据设计要求的密度和状态将试验箱下半部的土体仔细填实，填土高度与缝口齐平，平整土面。

17.4.2 在土面上铺放试样，拉伸端自缝口引出，注意两边对称，随即在试样上轻轻铺上一层土使试样定位。

17.4.3 根据设计要求的密度和状态将上半箱的土填实。

17.4.4 将试样的端部平整地放入拉力夹具内，对中，均匀地夹紧。

17.4.5 依次放上加荷顶盖和百分表，施加法向压力，固结所需时间可参照 SL237—1999《土工试验规程》规定进行。

17.4.6 调整水平加荷装置，当拉力夹具开始受力时即为拉拔开始点。开动电机，测读并记录位移量和水平拉力。拉拔速率可参照 SL237—1999《土工试验规程》，对砂性土宜取 0.5mm/min。

17.4.7 当拉拔力出现峰值后，应继续拉拔直至拉拔力稳定，即可停止试验。

17.4.8 换一块试样，施加另一个法向压力，重复本节 17.4.1~17.4.7 步骤完成全部试验。

17.5 计算

17.5.1 按下式计算界面拉拔摩擦强度：

$$\tau_p = \frac{T_p}{2LB} \quad (17.5.1)$$

式中——拉拔摩擦强度，kPa；
 τ_p
 T_p ——实测的峰值水平总拉力，kN；
L，B——试样埋在土内部的长度和宽度，m。

17.5.2 计算各级法向压力下的拉拔摩擦强度，并绘出 $\tau_p \sim p$ 曲线。

17.5.3 按下式计算土—土工合成材料的拉拔摩擦系数 f ：

$$f = \tau_p / p \quad (17.5.3)$$

式中 p ——法向压力， kPa；

τ_p ——对应于 σ 的拉拔摩擦强度， kPa。

17.6 记录

17.6.1 拉拔摩擦试验记录格式与直剪摩擦试验相同，见表 A13。

18 土工格栅、土工网及土工带拉伸试验

18.1 目的和适用范围

18.1.1 本试验规定了土工格栅、土工网、土工带的拉伸试验方法及取样方法。

18.1.2 进行试验之前，按本规程 3.4 的规定对土工格栅和土工网试样进行调湿处理。

18.2 设备及用具

18.2.1 主要设备为拉力机、夹具、量测和记录装置，按本规程 9.3 的规定。

18.3 试样准备

18.3.1 土工格栅试样准备：

- 1 不论纵向或横向，每组应随机取 10 个试样。
- 2 试样形状见图 18.3.1，黑色为所剪取的试样。

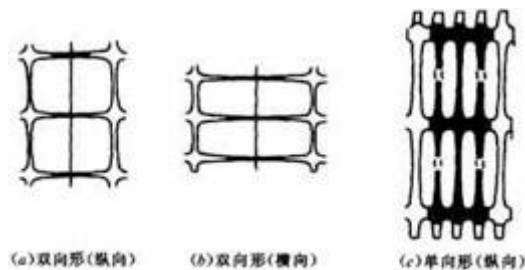


图 18.3.1 土工格栅试样形状

18.3.2 土工网试样准备:

- 1 不论纵向或横向, 每组应随机取 10 个试样。
- 2 试样形状尺寸见图 18.3.2, 图中实线轮廓为试样的受力部位, 长方形虚线为夹持部位。

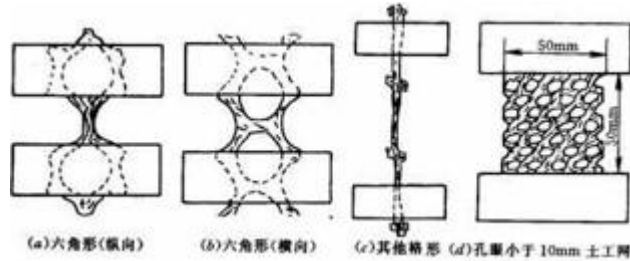


图 18.3.2 土工网试样形状

18.3.3 土工带试样准备:

- 1 每组应随机取不少于 6 条试样。
- 2 取土工带整条宽度, 计量长度为 100mm。

18.4 操作步骤

18.4.1 按试样的计量长度调整拉力机上、下夹具的间距。

18.4.2 将试样放入夹具内夹紧。

18.4.3 试样的最大断裂力应在拉力机负荷满量程的 10%~90%范围内, 调整好荷载和位移零点位置。

18.4.4 设定拉伸速率:

- 1 土工格栅和土工网为计量长度的 20%/min。
- 2 土工带为 50mm/min。

18.4.5 开动拉力机, 同时启动记录装置, 连续运转直至试样破坏为止, 停机。在拉伸过程中, 同时记录拉力—伸长量曲线。

18.5 计算

18.5.1 土工格栅抗拉强度计算:

- 1 按下式计算试样的拉力平均值 \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (18.5.1-1)$$

式中
 x_i ——第 i 块试样的最大拉力值, N;
 n ——试样个数, 个;
 \bar{x} —— n 个试样的拉力平均值, N。

2 按下式计算每延米土工格栅的抗拉强度 T

$$T = \bar{x} S / 1000 \quad (18.5.1-2)$$

式中
 \bar{x} ——试样(一根筋)的拉力平均值, N;
 s ——1m 宽范围内筋的根数, 根
 T ——每延米土工格栅抗拉强度。 kN/m。

18.5.2 土工网抗拉强度计算(见图 18.3.2):

1 单孔试样(型号 CE131)抗拉强度计算:

- 1) 按本节 18.5.1-1 规定计算全部试样的拉力平均值 \bar{x}_1 ;
- 2) 按下式计算每延米土工网的抗拉强度 T_1

$$T_1 = \bar{x}_1 \cdot s_1 / 1000 \quad (18.5.2-1)$$

式中
 \bar{x}_1 ——试样的拉力平均值, N;

s_1 ——1m 宽范围内土工网的孔数, 个;
 T_1 ——每延米土工网的抗拉强度, kN/m。

2 单筋试样(型号 CE151、CE152 等)抗拉强度计算:

- 1) 按本节 18.5.1-1 规定计算全部试样的拉力平均值 \bar{x}_2 ;
- 2) 按下式计算每延米土工网的抗拉强度 T_2

$$T_2 = \bar{x}_2 \cdot s_2 / 1000 \quad (18.5.2-2)$$

式中
 \bar{x}_2 ——试样的拉力平均值, N;

s_2 ——1m 宽范围内土工网的单筋根数, 根;
 T_2 ——每延米土工网的抗拉强度, kN/m。

3 孔眼小于 10mm 的土工网抗拉强度计算:

- 1) 按本节 18.5.1-1 规定计算全部试样的拉力平均值 \bar{x}_3 ;
- 2) 按下式计算每延米土工网的抗拉强度 T_3

$$T_3 = \bar{x}_3 \times 20 / 1000 \quad (18.5.2-3)$$

式中

\bar{x}_3 —— 试样(宽 50mm)的拉力平均值, N;

T_3 —— 每延米土工网的抗拉强度, kN/m。

18.5.3 土工带抗拉强度计算:

1 按本节 18.5.1-1 规定计算全部试样的拉力平均值, 即为土工带的抗拉力 P_f , 单位为 kN。

2 按下式计算土工带单位截面积的抗拉强度:

$$p = \frac{P_f}{B_o H_o} \quad (18.5.3)$$

式中 P_f —— 土工带的抗拉力, kN;

B_o 、 H_o —— 分别为土工带的初始宽度及初始厚度, m;

p —— 单位截面积的抗拉强度, kPa。

18.5.4 按下式计算土工格栅、土工网及土工带的延伸率 ε

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\% \quad (18.5.4)$$

式中 L_f —— 对应最大拉力时的试样长度, mm;

L_o —— 试样的初始计量长度, mm;

ε —— 延伸率, %。

18.6 记录

18.6.1 土工格栅和土工网试验记录格式见表 A14。

18.6.2 土工带试验记录格式见表 A15。

19 塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验

19.1 目的和适用范围

19.1.1 本试验用于测定塑料排水带芯带压屈强度与复合体纵向通水量。

19.1.2 本试验适用于各种类型芯带的排水带。

19.1.3 进行试验之前试样需经 24 小时调湿处理，调湿及试验时的室温和水温为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

19.2 芯带压屈强度试验

19.2.1 试验设备及用具应符合下列规定。

- 1 加压用的磅秤加压仪或杠杆加压仪，出力应不小于 3kN。
- 2 百分表的量程为 10mm，分度值为 0.01mm。

19.2.2 试样准备：

- 1 按本规程 3.3.1 规定取样，圆形试样面积为 30cm^2 (直径 6.18cm) 或面积为 50cm^2 (直径 7.98cm)。
- 2 试样数量应不少于 3 块。

19.2.3 操作步骤：

- 1 将试样放在加压仪上，上下各垫刚性板，施加 1kPa 预压力，将百分表调零。
- 2 对试样施加第一级压力 50kPa，随即记时，每 10 分钟测读一次压缩量，当相邻两次读数差小于试样厚的 1% (约 0.04mm) 时，即以此读数作为该级压力下的压缩量。
- 3 重复本条 19.2.3-2 步骤分别对试样施加 150kPa、250kPa、350kPa 及 450kPa 等压力，测记各级压力下的压缩量。
- 4 重复本条 19.2.3-1~19.2.3-3 步骤对其余两块试样进行试验。

19.2.4 计算：

- 1 按下式计算试样在各级压力下的压缩应变 ε_i

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h_i}{h_0} \times 100\% \quad (19.2.4)$$

式中 ε_i ——第 i 级压力下的压缩应变，%；

Δh_i ——第 i 级压力下的压缩变形量，mm；

h_0 ——试样初始厚度，mm。

- 2 绘制试样的应力—应变曲线，取初始线性段的最大压力值作为芯板的压屈强度。
- 3 计算 3 块试样压屈强度平均值。

19.2.5 塑料排水带芯带压屈强度试验记录格式见表 A16。

19.3 纵向通水量试验

19.3.1 试验设备及用具：

1 通水能力测定仪有立式和卧式两种，见图 19.3.1，应满足下列规定：

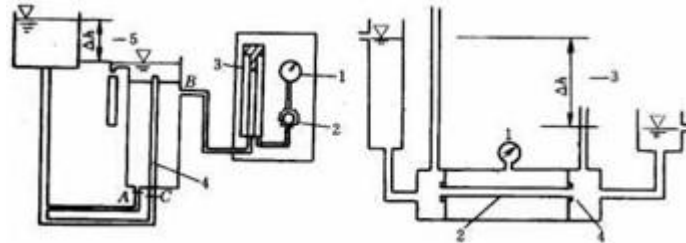


图 19.3.1-1 立式通水能力测定仪

图 19.3.1-2 卧式通水能力测定仪

1—压力表；2—调压阀；3—体变管；

1—压力表；2—排水带；3—水位差；

4—排水带；5—水位差

4—端部密封

- 1) 在试样样长范围内受到均匀且恒定的侧压力；
 - 2) 试样内部在常水头下进行渗流；
 - 3) 试样两端联接处必须密封良好，在侧压力作用下不漏水。
- 2 联接管路宜短而粗。
- 3 上下游水位容器应有溢水装置，保持常水头；水位容器应有较大容积，保证水流稳定。
- 4 包封排水带用的乳胶膜套，应弹性良好、不漏水、膜厚宜小于 0.3mm。
- 5 其他，如量筒、秒表、温度计、水桶等。

19.3.2 沿排水带长度方向随机剪取两块试样，其有效长度为 40cm，加上两端安装长度共约 43cm。

19.3.3 操作步骤：

- 1 将包有乳胶膜的排水带装入通水仪内，密封好两端接头，安装好联接部分。
- 2 对压力室施加侧压力，通用的侧压为 350kPa，在整个试验过程中保持恒压。
- 3 调节上、下游水位，使排水带在水力梯度 $i=0.5$ 条件下进行渗流。
- 4 在恒压及恒定水力梯度下渗流半小时后测量渗水量，并记录测量时间，以后每隔 2h 测量一次，直到前后两次通水量差小于前次通水量的 5% 为止，以此作为排水带的通水量。
- 5 重复本条 19.3.3-1~19.3.3-4 步骤测定另一块排水带的通水量。

19.3.4 计算：

- 1 按下式计算排水带通水量 Q ：

$$Q = \frac{W}{ti} \quad (19.3.4)$$

式中——通水量， cm^3/s ；
 Q ——在 t 时段内通过排水带的水量， cm^3 ；
 W ——通过水量 W 所经历的时间， s ；
 t ——水力梯度，设定 i 为 0.5。

2 计算两块排水带通水量的平均值。

19.3.5 排水带通水量试验记录格式表 A17。

20 软式透水管试验

20.1 目的和适用范围

20.1.1 本试验用于测定软透水管过滤层的纵向抗拉强度和渗透系数以及测定复合体的耐压扁平率。

20.1.2 本试验适用于各种直径并外包各种滤层的透水管。

20.2 过滤层的抗拉强度和渗透系数

20.2.1 抗拉强度按本规程 9 有关规定进行试验。

20.2.2 渗透系数按本规程 7 有关规定进行试验。

20.3 扁平率试验设备及用具

20.3.1 加压模块：如图 20.3.1 所示，方形硬木中央的圆孔直径相应于试样直径，两对开硬木之间的间隙约为孔径的 1/3。模块长度宜取 25cm，软管上下模块的两侧设与底座相垂直的导向板。

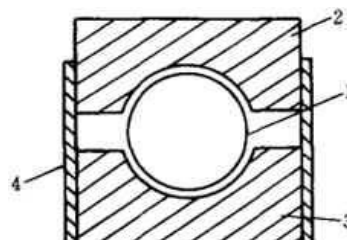


图 20.3.1 加压模型示意图

20.3.2 加压用的磅秤加压仪或杠杆加压仪，出力应大于 5kN。

20.3.3 百分表的最小分度值为 0.01mm。

1—试样；2—上模块；3—下模块；4—导向板

20.4 扁平率试验试样准备

20.4.1 管径<250mm时,试样长为250mm,管径>250mm时,试样长至少应与管径成1:1的比例。

20.4.2 试样数量不少于3根。

20.5 扁平率试验操作步.

20.5.1 将下模块、透水管及上模块依次装入加压仪上,使两端齐平,加在模块上的荷载应居中并保证全部传递到透水管上。

20.5.2 预先施加5N的荷载使模块与管子密合接触,将百分表调零。

20.5.3 根据工程设计要求的总荷载,均匀划为几等分逐级加荷,读出每级荷载下的变形量。

20.5.4 重复本节20.5.1~20.5.3步骤测定另外2根管子。

20.6 扁平率计算

20.6.1 按下式计算扁平率:

$$U_i = \frac{\Delta D_i}{D} \quad (20.6.1)$$

式中 U_i ——第*i*级荷载时的扁平率, %;

ΔD_i ——第*i*级荷载时的管径径向变形量, mm;

D ——管的直径, mm。

20.6.2 分别绘出3根管子的扁平率与荷载关系曲线。

20.6.3 绘出平均的扁平率与荷载关系曲线。

20.7 扁平率试验记录

20.7.1 软式透水管耐压扁平率试验记录格式见表A18。

21 蠕变试验

21.1 目的和适用范围

21.1.1 本试验用于测定土工合成材料的拉伸蠕变变形及拉伸蠕变破坏强度。

21.1.2 本试验适用于各类土工合成材料。

21.2 引用标准

ASTM D5262—95《土工合成材料无侧限条件下的拉伸蠕变特性试验》。

21.3 试验设备及用具

21.3.1 试验装置：

- 1 试验仪器应安装在无振动的地方。
- 2 当有多台试验仪时，每台试验仪应是独立的，互不干扰的，当对一台仪器的试样加荷，或某一台仪器的试样发生断裂而引起的颤抖或振动对周边试验应无影响。
- 3 试验室的室温应保持为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $(60 \pm 10)\%$ 。

21.3.2 夹具：应符合本规程 9.3.2 规定。

21.3.3 加荷装置：可采用砝码、杠杆或气压方式，加荷要求迅速而乎稳，并在试验过程中保持不变。荷载精确度应控制在所加荷载的 $\pm 1\%$ 范围内。

21.3.4 伸长计：用以测定伸长量，读数应精确至 0.003mm。

21.4 试样制备

21.4.1 按本规程 3.3.1 规定裁剪试样。

21.4.2 试样尺寸：

- 1 应采用宽条试样，应符合本规程 9.4.3 规定。
- 2 对于断裂强度大于 100kN/m 的高强土工织物，如受到设备限制，可用宽 100mm 的试样替代宽 200mm 的试样。
- 3 对于土工格栅，试样至少应包含 3 根纵向筋条及 1 根横向肋条。

21.4.3 分别剪取纵向及横向试样。试样数量根据试验需要决定。

- 1 当设计需要不同荷载水平的蠕变特性时，可采用 4 级荷载，分别为 20%、30%、40%、60% 极限荷载。
- 2 如只需要设计荷载下的蠕变特性时，可采用 2 级荷载，一级为设计荷载；另一级大于设计荷载，荷载大小由设计人员规定。
- 3 当需要了解温度对蠕变特性的影响时，则除了进行上面标准温度 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下的试验外，可分别在 $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 两种温度下进行试验。也可按照现场条件而定。

21.5 操作步骤

21.5.1 将室温度调至 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 和湿度为 $60 \pm 10\%$ ，试样在此环境下至少应静置 24h。

21.5.2 将试样放入夹具内夹紧。试样应对中使不受偏心荷载，应符合本规程 9.5.4 规定。

21.5.3 将伸长仪直接安装在试样上。

- 1 对土工织物，可将初始计量长度设定为 75mm。
- 2 对土工格栅，应放在节点位置。

21.5.4 按本节 21.5.1~21.5.3 规定分别对同一组蠕变试验的其余各荷载水平的试样进行安装。

21.5.5 施加预拉荷载，将预拉荷载迅速而平稳地分别加到各试样上，预拉荷载包括加荷设备和夹具的重量。施加预拉荷载和施加试验全部荷载的时间间隔不应超过 10min。并记录由预拉荷载引起的伸长量，取施加预拉荷载后的试样应变作为初读数。

- 1 试样抗拉强度不大于 17.5kN/m ，预拉荷载 45N。
- 2 试样抗拉强度大于 17.5kN/m ，预拉荷载为抗拉强度的 1.25%，但最大不超过 300N。

21.5.6 迅速而平稳地分别将相应各应力水平的荷载加到各试样上，并记录加荷时间(不计施加预拉荷载时间)。

21.5.7 测量各试样伸长量。

- 1 可按下列时间间隔测记变形增长值：1min、2min、6min、10min 及 30min；和 1h、2h、5h、10h、30h、100h、500h 及 1000h，以后每 500h 测量一次，直至试验结束。
- 2 当蠕变变形出现突变情况，应增加读数次数。

21.5.8 试样断裂或试验已达规定测量时间，试验终止。对断裂试样，记录破坏形式、位置及达到破坏的时间。

21.6 计算

21.6.1 按下式计算各时间的应变：

$$\varepsilon = \Delta L \times 100 / L_R \quad (21.6.1)$$

式中 ε ——应变，%；

ΔL ——加预拉荷载至测读时间的伸长量，mm；

L_R ——初始计量长度与预拉荷载伸长量之和，mm。

21.6.2 以应变(%)为纵坐标和时间(h)为横坐标作图，见图 21.6.2。当采用多级荷载试验时，应标出各条曲线相应的单宽荷载(kN/m)。

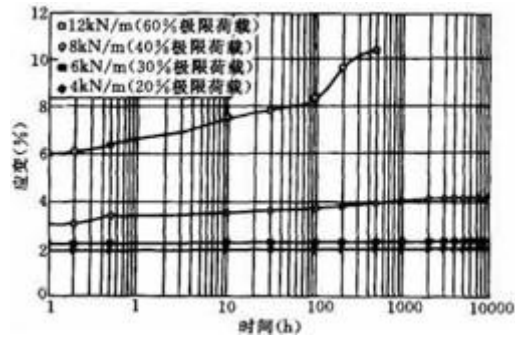


图 21.6.2 蠕变试验曲线

21.6.3 对于土工格栅，按下式计算单宽荷载：

$$a = \frac{F}{N_R} N_T \quad (21.6.3)$$

式中
 a ——单宽荷载，kN/m；
 F ——施加的荷载，kN；
 N_R ——试样的肋条数，条；
 N_T ——单位宽度的筋条数，条。

21.7 记录

21.7.1 蠕变试验记录格式，见表 A19。

22 淤堵试验

22.1 目的及适用范围

22.1.1 本试验采用梯度比方法测定一定水流条件下土—土工织物系统及其交界面上的渗透系数和渗透比，并测定土工织物的含泥量。

22.1.2 本试验适用于各种土类和各种类型的土工织物。

22.2 试验设备及用具

22.2.1 梯度比渗透仪：

1 渗透仪筒体的内径为 100mm 透明圆筒，有夹持单片或多片土工织物试样的装置，周边应密封良好，圆筒应有一定高度，织物上方土样高为 100mm，土样上方应有一定空间使水流均匀稳定。

2 渗透仪圆筒侧壁的 6 根测压管，其内径不小于 3mm，接头处应设滤层，防止土样堵塞管口，进水口、排水口、排气口及 6 根管的分布见图 22.2.1。

3 土工织物底部应放置具有一定刚度和孔径 (6mm) 的筛网，以支承土工织物。筛网与织物一起在夹持装置内密封。

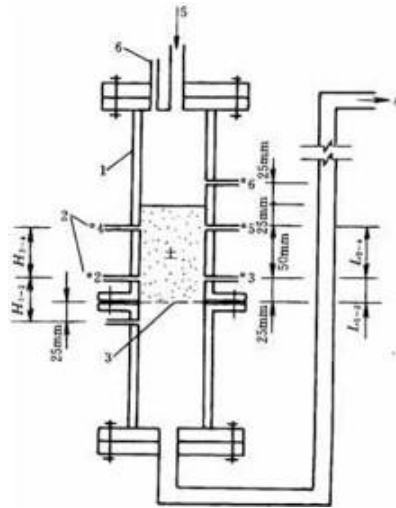


图 22.2.1 梯度比装置示意图

1—内径 100mm 透明圆筒；2—测压管；
3—土工织物；4—排水口；
5—连常水头水容器；6—排气口

22.2.2 供水系统：进水和出水装置均应有溢水口，保证常水头。

22.2.3 测压板：测压管固定在板上，应装有刻皮尺，最小分度值为 1mm。

22.2.4 其他：真空泵、水加热器、秒表、量筒、温度计、水相等。

22.3 试验准备

22.3.1 土工织物试样：试样尺寸应与渗透仪尺寸相适应；试样数量随试验组合而定，一组土工织物—土系统的梯度比试验需一块土工织物；试验前将试样称量，精确至 0.01g。

22.3.2 土料：将土料风干后进行筛分，剔除粒径大于 5mm 的颗粒。

22.3.3 试验用水：试验应用无气水，水温宜比室温高 3~4℃。

22.4 操作步骤

22.4.1 将织物试样和筛网一起放在夹持装置内，并密封好。

22.4.2 装入土样，土样高为 100mm，对于松土样，可用漏斗将风干土倒入渗透仪内整平即可；对于密实土样应分层击实至要求的密度。装样过程中应防止测压管的进口被堵塞。

22.4.3 饱和土样，由排水口管进水，使水由试样底部缓慢流入，可控制进水水头小于 25mm，直至水位上升到土样顶面一定高度，始可从进水管注水，并使整个容器内充满水（注：为加速土样饱和，可采用真空泵抽气法或用充 CO₂ 的方法）。

22.4.4 调节水位，使水力梯度 i 达 1.0，观察测压管内的水位变化。

22.4.5 当全部测压管读数达到稳定。将上游进水容器保持常水头，打开出水口阀门，水流通过试样进行渗流。

22.4.6 每小时测读一次测压管水位和渗水量，同时记录渗水时间和水温，连续测读 24h。当读数尚未完全稳定，可适当延长测读时间，直至稳定为止。

22.4.7 当 $i=1.0$ 时的试验结束后调整水力梯度 i ，分别对该试样进行 $i=2.5$ ， $i=4.0$ 及 $i=10.0$ 时的试验。当 i 每增加一级后，应等测压管读数稳定，并在该级梯度下渗流达 1.5h 以上。当 i 达 10.0 时且测压管读数稳定，重复本节 22.4.5~22.4.6 步骤。

22.4.8 试验结束，取出土工织物试样，轻轻清除表面浮土，烘干后称量土工织物及其内部含土的总重量，精确至 0.01g。

22.5 计算(参见图 22.2.1)

22.5.1 按下式计算梯度比 GR:

$$GR = \frac{H_{1-2}}{L_{1-2} + \delta} \bigg/ \frac{H_{2-4}}{L_{2-4}} \quad (22.5.1)$$

式中
GR——梯度比；
 δ ——土工织物厚度，mm；
 H_{1-2} ——测压管#1 与#2 间的水位差，cm；
 H_{2-4} ——测压管#2 与#4 间的水位差，cm；
 L_{1-2} 、 L_{2-4} ——渗径长，cm。

22.5.2 不计土工织物厚度时

$$GR = \frac{2H_{1-2}}{H_{1-2}} \quad (22.5.2)$$

22.5.3 按下式计算土工织物单位体积试样中的含土量 μ ：

$$\mu = \frac{m_1 - m_0}{A \delta} \quad (22.5.3)$$

式中
 μ ——织物单位体积试样中的含土量，g/cm³；
 m_0 ——试验前织物试样的重量，g；
 m_1 ——试验后织物试样的烘干重量，g；
 A ——织物试样面积，cm²；
 δ ——织物厚度，cm。

22.6 记录

22.6.1 淤堵试验记录格式见表 A20。

附录 A 试验记录表格

表 A1 单位面积重量试验记录

委托单位		温度(°C)		试验者	
产品名称规格		湿度(%)		计算者	
试样长(mm)×宽(mm)		试验日期		校核者	
序 号	重 量 (g)			平方米重量(g/m ²)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均值 \bar{x}					
标准差 σ					
变异系数 C_v (%)					

表 A2 厚度试验记录

委托单位		温度(°C)		试验者	
产品名称规格		湿度(%)		计算者	
加压仪型号		试验日期		校核者	
序 号	厚度(mm)				
	2kPa	20kPa	200kPa		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

9			
10			
平均值 \bar{x}			
标准差 σ			
变异系数 C_v (%)			

表 A3 孔径试验记录

委托单位		振筛时间						
产品名称规格		温度(°C)				试验者		
振筛机型号		湿度(%)				计算者		
粒料与投放量		试验日期				校核者		
序号	粒径(mm)	过筛量(g)						平均过筛率 (%)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	

表 A4 垂直渗透试验记录

委托单位		试验水温(°C)		试验日期								
产品名称规格		水动力粘滞系数比 η_t / η_{20}		试验者								
试样面积(cm ²)		温度(°C)		计算者								
试样厚度(cm)与层数(块)		湿度(%)		校核者								
试样 序号	试 验 次 数	历时 t (s)	水位(cm)		水位差 Δh (cm)	水力 梯度 i	渗透 水量 W(cm ³)	渗透 流速 v(cm/s)	渗透系数 k ₂₀ (cm/s)	20°C渗 透系数 k ₂₀ (cm/s)	k ₂₀ 平均值	备 注
			上游 h ₁	下游 h ₂								
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
					(2)-(3)	(4)/ δ_n		(6)/(1)A	(7)/(5)	(8) η_t / η_{20}		
1	1 2 3											
2	1 2 3											
3	1 2 3											
4	1 2 3											
5	1 2 3											

表 A5

垂直渗透试验记录

委托单位				试验水温(°C)				试验日期						
产品名称规格				水动力粘滞系数 比 η_t / η_{20}				试验者						
试样 长(cm)×宽(cm)				温度(°C)				计算者						
试样厚度(cm) 与层数(块)				湿度(%)				校核者						
压力 (kPa)	试样厚 度 δ (cm)	试样 序号	试 验 次 数	历时 t (s)	水位 (cm)		水位差 Δh (cm)	水力 梯度 i	渗透 水量 W (cm ³)	渗透 流速 v (cm/s)	渗透系数 k_{20} (cm/s)	20°C 渗 透系数 k_{20} (cm/s)	k ₂₀ 平均 值	备 注
					上 游 h ₁	下 游 h ₂								
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)		
						(2)-(3)	(4)/L		(6)/(1) δB	(7)/(5)	(8) η			
		1	1											
		2	2											
		3	3											
		2	1											
		2	2											
		3	3											
		3	1											
		2	2											
		3	3											

表 A6

拉伸试验记录

委托单位				试样长度(mm)				试验日期			
产品名称规格				试样宽度(mm)				试验者			
拉力机型号				温度(°C)				计算者			
拉伸速率(mm/min)				湿度(%)				校核者			
序号	纵 向				横 向						
	拉 力 (N)	强 度 (kN/m)	伸 长 量 (mm)	延 伸 率 (%)	拉 力 (N)	强 度 (kN/m)	伸 长 量 (mm)	延 伸 率 (%)			
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

8							
9							
10							
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)							

表 A7 握持位伸试验记录

委托单位		试样长度 (mm)		试验日期	
产品名称规格		试样宽度 (mm)		试验者	
拉力机型号		温度 (°C)		计算者	
拉伸速率 (mm/min)		湿度 (%)		校核者	
序号	纵 向			横 向	
	拉力 (N)	伸长量 (mm)	延伸 (%)	拉力 (N)	伸长量 (mm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)					

表 A8 撕裂试验记录

委托单位		试样长度 (mm)			
产品名称规格		试样宽度 (mm)		试验者	
拉力机型号		温度 (°C)		计算者	
拉伸速率 (mm/min)		湿度 (%)		校核者	
序号	撕裂力 (N)				
	纵 向			横 向	

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)		

表 A9 胀破试验记录

委托单位		试样长度 (mm)			
产品名称规格		试样宽度 (mm)		试验者	
拉力机型号		温度 (°C)		计算者	
拉伸速率 (mm/min)		湿度 (%)		校核者	
序号	试样和膜片 总胀裂压力 (kPa)		试样破裂时 薄膜校正压力 (kPa)		试样胀破强度 (kPa)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)					

表 A10 CBR 顶破试验记录

委托单位		试样长度 (mm)			
产品名称规格		试样宽度 (mm)		试验者	
拉力机型号		温度 (°C)		计算者	
拉伸速率 (mm/min)		湿度 (%)		校核者	
序号	CBR 顶破力 (N)				

	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)				

表 A11 刺破试验记录

委托单位		试样长度 (mm)			
产品名称规格		试样宽度 (mm)		试验者	
拉力机型号		温度 (°C)		计算者	
拉伸速率 (mm/min)		湿度 (%)		校核者	
序号	刺破力 (N)				
	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)					

表 A12 土工膜渗透试验记录

委托单位		水温 (°C)		试验日期	
土工膜名称规格		水动力粘滞系数 比 η_t / η_{20}		试验者	
试样面积 (cm ²)		温度 (°C)		计算者	
土工膜厚度 (cm)		湿度 (%)		校核者	

备注			

表 A14 土工格栅、土工网试验记录

委托单位		试样长度(mm)				
产品名称规格		温度(°C)		试验者		
拉力机型号		湿度(%)		计算者		
拉伸速率(mm/min)		试验日期		校核者		
序号	纵 向			横 向		
	拉力(N)	伸长量(mm)	延伸(%)	拉力(N)	伸长量(mm)	延伸(%)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
平均值 \bar{x}						
标准差 σ						
变异系数 C_v (%)						
每延米筋数或孔数						
每延米强度(kN/m)						

表 A15 土工带试验记录

委托单位		土工带宽度(mm)		试验日期	
产品名称规格		土工带厚度(mm)		试验者	
拉力机型号		温度(°C)		计算者	

拉伸速率(mm/min)		湿度(%)		校核者		
序号	样品 A			样品 B		
	拉力(N)	伸长量(mm)	延伸(%)	拉力(N)	伸长量(mm)	延伸(%)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
平均值 \bar{x} 标准差 σ 变异系数 C_v (%)						
每延米筋数或孔数						
每延米强度(kN/m)						

表 A16 排水带芯带带压屈强度试验记录

委托单位		试样长度(mm)			
产品名称规格		温度(°C)		试验者	
仪器型号		湿度(%)		计算者	
试样面积 (cm ²)		试验日期		校核者	
试样号	加压历时 (min)	压缩量 (0.01mm)			
		50kPa	150kPa	250kPa	50kPa 450kPa
#1	0 10 20 ⋮				
#2					
#3					

表 A17 排水带通水量试验记录

委托单位		试样长度(mm)		试验日期	
产品名称规格		侧丈夫力 (kPa)		试验者	
仪器型式		温度(°C)		计算者	
试样面积 (cm)		湿度(%)		校核者	
序号	#1 试样			#2 试样	

测读时间	测试读数 (s)	水量读数 (cm ³)	通水量 (cm/s)	试验水温 (°C)	测读时间	测试读数 (s)	水量读数 (cm ³)	通水量 (cm/s)	试验水温 (°C)

表 A18 软式透水管耐压扁平率试验记录

委托单位			加荷方式					
产品名称规格			温度(°C)				试验者	
试样长度(cm)			湿度(%)				计算者	
试样直径(mm)			试验日期				校核者	
序号								
*1 试样	荷载(kN)							
	径向变形量 (0.01mm)							
	扁平率(%)							
*2 试样	荷载(kN)							
	径向变形量 (0.01mm)							
	扁平率(%)							
*3 试样	荷载(kN)							
	径向变形量 (0.01mm)							
	扁平率(%)							

表 A19 蠕变试验记录

委托单位			加荷方式		试验日期	
产品名称规格			伸长仪规格		试验者	
试样尺寸(mm)			温度(°C)		计算者	
夹具类型			湿度(%)		校核者	
序号			1	2	3	4
试验荷载	荷载水平(%)					
	等效单宽荷载 (kN/m)					
	试样荷载(kN)					
预拉荷载(N)						
历时(h)			伸 长 量 (mm)			
1/60						
2/60						

6/60				
10/60				
1				
2				
3				
⋮				
说明 包括极限强度,加预拉荷载 时间、加全部荷载时间、初始计 量长度、预见拉荷载伸长量、试 样破坏型部位。				

表 A20 淤堵试验记录

委托单位		水力梯度		试验日期		
产品名称规格		织物厚度(mm)		试验者		
梯度仪规格		温度(°C)		计算者		
土样描述		湿度(%)		校核者		
测读时间	测压管水位(cm)			水位差(cm)		梯度比
	#1	#2	#4	H ₁₋₂	H ₂₋₄	GB
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
				(2)-(1)	(3)-(2)	[(4)/(25+δ)]/[(5)/50]

本规程的用词和用语说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
4. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

二、条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应按……进行”或“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准、规范或其他执行时，写法为“可参照……”。



中华人民共和国行业标准

土工合成材料测试规程

SL/T235-1999

条文说明

目次

3	试验方法的共同规定
5	厚度规定
6	孔径试验(干筛法)
7	垂直渗透试验
8	水平渗透试验
9	条样法拉伸试验
10	握持拉伸试验
11	撕裂试验
13	CBR 顶破试验
14	刺破试验
15	土工膜抗渗试验
16	直剪摩擦试验
17	拉拔摩擦试验
19	塑料排水带芯带压屈强度与通水量 试验
20	软式透水管试验
22	淤堵试验

3 试验方法的共同规定

3.4.1、3.4.2 土工织物测试方法沿用纺织品测试标准，纺织品测试对调湿要求很严，而对土工织物来说，湿度对测试结果影响不大。在 DIN54307《冲压断裂试验》标准中指出，对试样无温湿控制要求。此外我国大多试验室不具备恒温条件，为此放入 3.4.2 条，对大多土工织物试验可不控制温度湿润 湿润 湿度，当然对于温度敏感材料不在此范围。

5 厚度规定

5.3.2 土工织物，特别是非织造针刺土工织物，厚度与压力密切相关，一般所谓的厚度都是指 2kPa 压力下的厚度。

6 孔径试验(干筛法)

6.1.1 孔径试验有干筛法、湿筛法、显微镜直读法、水银压入法等，但国内外使用最广泛的是干筛法。

6.4.2、6.5.4 通常用同一块织物试样对不同级别的颗粒材料进行振筛，这样试验结果的规律性较好。对于较厚的针刺土工织物试样，嵌入试样的颗粒料不易清出时，试样不能重复使用，不同级别的颗粒料需分别另换试样进行振筛，这种情况下有时会出现异常情况，如颗粒粒径大的过筛量可能多而颗粒粒径小的过筛量反而少，这给整理资料带来困难。这时可先将各组平行试验各级粒径的筛余率进行平均，由此作出总平均孔径分布曲线。

6.5.3 振筛时间，ASTM 规定 10min；GB 规定 20min，本规定规定 10min。

6.6.1 试验中可直接测得过筛量，对于编织型土工织物可以测得筛余量，而对于非织造针刺土工织物测不到筛余量，筛余量为织物上未通过的颗粒重量和嵌在织物内部的颗粒重量之和。所以通常测定过筛量，计算过筛率和筛余率。

6.6.3 用标准筛筛析的各级颗粒粒径有一定范围，如 0.125~0.150mm 这一级，其最小粒径为 0.125mm；最大为 0.150mm。孔径分布曲线图上试验点的横坐标为粒径，最常用的方法是取该级粒径的平均值，如 0.125~0.150mm 这级粒径平均值为 0.138mm。当过筛率极小如只有 2%或更小；反之过筛率很大达 90%左右，这两种情况用平均粒径似前者偏大，后者偏小。没有解决这一问题的办法。一种处理方法是根据过筛率大小按比例将粒径内插分配，如过筛率是 20%，上例的粒径为 0.130mm。采用这种方法麻烦些但含量些，而简单的彩平均粒径也是可以的。

7 垂直渗透试验

7.1.1 国内外确有以 10cm 常水头做试验作为产品标准的，但工程设计使用应考虑应符合达西定律。

7.4.2-2 渗透试验采用单片试样还是多片试样主要取决于试样类型。照理讲用单片试样最好，但往往行不通，如针刺土工织物，由于其孔隙大透水性大，若用单片试样，则要求水位差很小，水位差过小读数不准，这样只能加大渗径长度，用多片试样进行测试。通常针刺土工织物试样的总厚度应达到 20mm 左右。对于编织土工织物视其孔隙而异，有时用单片，有时需 2~3 片。

7.5.1 试样中的气泡对试验结果影响很大，为此必须尽量赶出气泡。对非织造土工织物将试样浸泡在水中一段时间再挤压赶气，一般效果较好。对编织土工织物，试样放入水

中其表面经常附有很多气泡挡住孔隙，应用软毛笔轻轻拭去这些气泡。有时用清洁剂清洗一下，赶气泡会方便得多。当用 2 片或 3 片试样时，试样接触面间的气泡必须清除。

8 水平渗透试验

8.3.1 图 8.3.1(a) 是 ASTM D4716—87 给出的试验装置，荷载应通过上下垫层均匀地加到试样上，试样周边必须密封良好。图 8.3.1(b) 是引用了本规程第 19 章塑料排水带卧式通水能力测定仪。水平渗透试验和排水带通水量试验两者试验原理和要求相同，只是作用于试样的法向压力和试验水力梯度有所差别。图 8.3.1(b) 式装置主要特点是法向压力由气压施加，受力均匀，且密封方便可靠。列出两种型式，按自身条件选择。

9 条样法拉伸试验

9.1.1 本试验适用于宽条试样拉伸试验和窄条试样拉伸试验，两种试验方法和步骤相同，只是试样宽度不同，目前国际上都采用宽 200mm、长 100mm 的宽条试验，为此本规程列入了宽条法。但考虑到现实条件，大多数试验室习惯于窄条法，或没有宽夹具，因此也列入窄条法。国际上公认宽条法，为此必须不断改进设备，提高操作技术，逐步过渡到宽条法。

9.5.3 ASTM D4595 规定拉伸速率为 10 ± 3 mm/min；GB/T15788—1995 等效采用 ISO10319—93 规定拉伸速率为 20mm/min，本规程规定 20mm/min。

10 握持拉伸试验

10.5.2 ASTM D1682 及美国联邦公寓管理局（FHWA）1987 的《土工织物工程手册》中都规定拉伸速率为 300mm/min。目前国内大多试验室所用的拉力机最大拉伸速率为 100mm/min，考虑到这一现实条件，且较低速率偏于安全，故本规程规定 100mm/min。

11 撕裂试验

11.5.2 ASTM D4533 规定拉伸速率为 300mm/min，本规程规定为 100mm/min，理由同本规程条文说明 10.5.2。

13 CBR 顶破试验

13.5.3 DIN54307 中规定顶压速率为 $60 \pm 10 \text{mm/min}$ ，本规程规定为 60mm/min 。DIN54307 中指出，在 $10 \sim 100 \text{mm/min}$ 范围内 CBR 值与顶压速率关系不大，认为没有必要严格控制速率，在 $10 \sim 100 \text{mm/min}$ 范围内均可。

14 刺破试验

14.4.2 FHWA(1987)《土工织物工程物册》及 ASTM D751—79 中规定顶刺速率为 300mm/min ，本规程规定为 100mm/min ，理由同本规程条文说明 10.5.2。

15 土工膜抗渗试验

15.1.1 没有找到有关土工膜渗透系数试验的标准或手册。根据垂直渗透系数定义、渗透试验原理和土工膜渗水量小的特点，引用了土工试验三轴仪的体变管组装成土工膜抗渗仪，直接测定透过材料的渗水量得到渗透系数。体变管内滴定管的最小分度值为 0.1cm^3 ，可测定土工膜 $1 \times 10^{-11} \text{cm/s}$ 量级的渗透系数值。当很长时间内体变管读数不变，可认为土工膜基本不透水，渗透系数小于 $1 \times 10^{-11} \text{cm/s}$ 。

15.2.3 如图 15.2.1 所示，在试样容器、体变管和联接管路等整个测量系统中必须密封良好，无气泡，且充满油和水。在试验压力作用下，土工膜发生渗漏时，变体内油面下降，下降量为土工膜的渗水量。

15.4.6-2 对渗透性较大的土工膜，体变管油面下降较快，一不小心油将进入阀门、接头及管子中，影响试验，所以对渗水大的膜必须随时注意油面位置。当油面接近滴定管底部时，应暂时调整体变管两端出口的压力，在体变管底部补充水，抬高油面，之后恢复试验压力，将刚才底部油面读数转换到抬高后的油面读数，继续试验。在计算渗水量历时时应扣除调整油面所耗费的时间。

15.4.7 所谓 ΔW 稳定有两种情况，①对于质量好的膜，渗透速率很小，持续 $4 \sim 6 \text{h}$ 渗水量很小或接近于零可停止试验；②对于质量较差的膜，渗透速率较大，每分钟达 1cm^3 左右，持续 1h 以上都保持这种稳定渗透速率，可停止试验。

16 直剪摩擦试验

16.3.1 最新的 ISO/DIS12957—1(1998) 中规定试样盒尺寸为 $300 \text{mm} \times 300 \text{mm}$ ，在 FHWA(1987) 工程手册中规定试样盒尺寸为大于或等于 $50 \text{mm} \times 50 \text{mm}$ 。曾经用标准砂对 $60 \text{mm} \times 60 \text{mm}$ 、 $100 \text{mm} \times 100 \text{mm}$ 及 $150 \text{mm} \times 150 \text{mm}$ 三种试样盒尺寸进行比较试验，试验结果表明，试样盒尺寸对摩擦系数影响不明显。从操作而言，试样盒过小操作不方便，反之

要制作均匀的大试样十分困难和费时，采用 80mm×80mm~100mm×100mm 试样较为方便。本规程规定宜大于 60mm×60mm，这种尺寸用常规土工直剪仪改装较方便。

16.5.1 本条为了试验操作方便规定在下盒内放硬木块，认为要模拟实际情况，也可在下盒内填土，但若要填土的话，必须使土工织物在法向压力作用下仍水平地位于上下盒之间，使剪切时剪切面发生在土与织物界面上。假如在法向压力作用下，下盒内的土发生压缩，织物跟着下沉，这样剪切面将发生在土内，这不是试验所要求的。为此，若要在下盒内填土，必须将土预压，压实后整平土面，与下盒顶齐平，再固定土工织物。

16.5.2 上盒边框底部与织物不能接触，应留有 1.5~2.0mm 的缝隙，剪切时只有上盒内的土与土工织物接触。操作时可在上下盒之间放小垫片，等上盒内填土完毕，加上法向压力后，抽出垫片。

17 拉拔摩擦试验

17.3.1 进行拉拔试验时，试样必须被拔出而不能被拉断。决定试样是否被拉断的主要因素为，织物强度、试样长度及上复法向压力。在试验前必须进行预备性试验，确定试样长度和法向压力。

17.4.1 如 16.5.1 的要求，试样应在拉拔水平面内，不允许试样随土的压缩而下沉。为此操作时应先将试验箱下半部的填土预先压实，平整土面后再铺放试样。

19 塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验

19.2.3-3 压屈强度试验主要参考土工合成材料工程协会编制的 CTAG02—97《塑料排水带地基设计规范》。该规范中规定的加荷等级为 25kPa、50kPa、100kPa、200kPa、400kPa、800kPa，而压屈强度的技术要求为，排水带带长小于 15m，要求压屈强度为 250kPa；带长大于 15m，要求 350kPa。针对压屈强度的技术要求，本规程规定加荷等级为 50kPa、150kPa、250kPa、350kPa、450kPa，使用更为方便。因为当 400kPa 这点在应力—应变曲线上位于非线性段时，不能判断在 250kPa 或 350kPa 时是否在线性段上。

19.3.4 通水量计算公式中取消温度修正，因为试验温度已规定为 20±2℃，温度变化范围不大，可不作修正。

20 式透水管试验

20.1.1 软式透水管为国内外近年发展较快的排水管材，内侧为涂 PVC 的弹簧钢线和外复透水过滤层的复合体。这种透水管的管径尺寸为 5cm~30cm，最大可达 50cm。不同管

径的系列产品大多用相同的过滤层，不同尺寸的螺旋状弹簧钢线承受外来荷载。主要测试性能有，过滤层纵向抗拉强度、过滤层透水性和耐压扁平率。按本规程第 9 章规定测定窄条拉伸强度，再由管的圆周长计算纵向抗拉强度；按本规程第 7 章规定测定渗透系数。本章主要规定耐压扁平率的试验，是软式透水管的主要指标。

22 淤堵试验

22.1.1 梯度比试验 70 年代首先由 Calhoun 提出，以后由美国陆军工程师兵团采用，以后提出 $GR \leq 3$ 的规定。对于梯度比方法及取 $GR \leq 3$ 的规定，不少学者有不同看法或提出修改意见，但梯度比方法至今仍是使用时间最长和最普遍的方法，而其试验历时较短，操作简单，相对比较成熟是其得到普及的重要原因。本规程主要参考 FHWA《土工织物工程手册》中介绍的方法。