

聚苯乙烯泡沫塑料的测试及其在土工中的应用

白 冰 陆士强

(武汉水利电力学院, 430072)

一、引言

土工合成材料(Geotextile)的应用,国内外均很普遍。国际上已召开了四届土工合成材料学术讨论会,我国也已分别在天津和沈阳召开了两届有关会议,对土工合成材料的发展和应用起到了极大的推动作用。同时,土工合成材料的新品种也不断出现,其中聚苯乙烯泡沫塑料(Expanded polystyrene,简称EPS)是令人瞩目的品种之一,它的出现使得土工中原来难以解决的问题获得了令人满意的解决办法。1972年挪威道路研究所首次将1m厚的普通填料层换成聚苯乙烯板,成功地遏止了与桥台连接路堤的过渡沉陷,从而使EPS开创了在土工中应用的先例。

EPS在土工中的应用概括起来有以下几个方面^[1]:防止软基上填土的沉降,防止桥台和道路垂直错位,修建直立挡墙,地基的置换,做为一种减压、防冻、防渗材料。可见,尽管EPS在国内外的应用仅十多年历史,但其应用范围却十分广泛。它可以简化施工,不用大型机械,缩短工期,更重要的是在某些特殊场合有其它材料不可替代的作用。

EPS在土工中是一种新型材料,其测试方法在国内外工程界并没有一个统一的标准可循。根据现有资料,一些测试标准也仅限于轻工建材等方面,如美国材料学会(ASTM)测试标准^[2],我国SG232-81《聚苯乙烯泡沫塑料板》测试标准^[3]等。显然,这些标准并不完全适用于土工计算的要求。为此,本文参照有关资料,对EPS进行了一些基本性能试验。另外,还就EPS做为减压材料的应用进行了模型试验。

二、试样的制作

选用普通建筑用聚苯乙烯泡沫塑料。目前所见资料对试样大小的选择各不相同,有选50mm×50mm×50mm的,有选52mm×52mm×52的。参阅我国有关标准^[3],我们选用50mm×50×25mm试样,并认为其测试参数能够满足工程要求。

由于EPS材料质地和结构特殊,因此用普通刀具不能裁出满意的试样。据有关资料介绍,有用电阻丝加热切割的,但电阻丝切割既改变了材料的表面结构又不能保证所切试样的光滑、平整。为此,特制了一个横型夹具。夹具的上面为几块可活动的板块,根据试样各面大小加

以调节。将略大于要求尺寸的EPS毛块固定于夹具上, 用普通小钢锯沿上面的平面切割, 再用1号砂纸仔细将各面打平。至此, 一个可供试验的试样便制成。

三、基本性能试验

按我国SG232-81《聚苯乙烯泡沫塑料板》测试标准, 测得所选材料的密度为 $0.019\text{g}/\text{cm}^3$, 表面积吸水率为 $0.12\text{kg}/\text{m}^2$ 。

(一) 压缩性能试验

1. 应变控制式。

试验在一改装的三轴剪切仪上进行。底座上放置试样, 试样上下均垫一铁片。量力环测压力, 百分表测应变。

从图1可以看出, ①压缩速率不同, 其应力应变关系亦不同。速率快的表现出来的强度高, 但应变小于5%时差别不大, 应变大于5%时差异逐渐明显。②应变小于5%时可认为是弹性阶段, 之后发生屈服现象, 在应变达50%时又发生硬化现象。为方便起见将全过程分为弹性、屈服和硬化三个阶段。③速率不同其抗压强度不同, 但应变5%时的强度值基本一致(约90kPa), 而且此时处于屈服点附近, 因此国外取5%的压缩强度是有道理的^[1]。

2. 应力控制式。

试验是在一钢架上进行的。用法码施加垂直荷载, 用百分表测应变, 试验结果见图2。

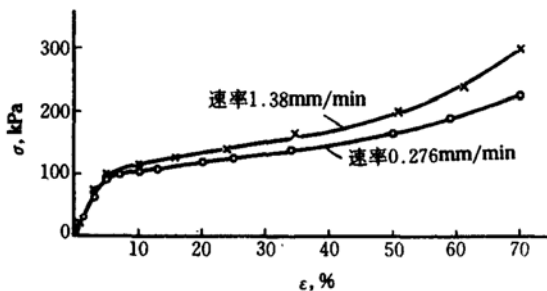


图1 σ - ϵ 关系曲线(应变控制)

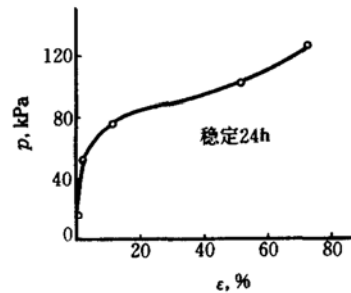


图2 EPS压缩性能(应力控制)

由 p - ϵ 关系曲线可以看出, 试验规律与应变控制试验得出的基本相同。但由于应力控制试验实际上属于慢速加载的情况, 它表现出来的强度比应变控制试验所得强度低得多。

(二) 蠕变性能试验

为了探讨EPS在一定荷载作用下应变随时间的变化过程, 分别就79, 90, 95, 100kPa四种荷载进行了EPS的蠕变性能试验。试验装置与应力控制式压缩试验相同。其应变随时间的变化规律如下: 不同荷载作用下, ϵ - $\lg t$ 关系曲线不同。当 $p > 95\text{kPa}$ 时应变在短时间内迅速增大; 而当 $p < 90\text{kPa}$ 时, 应变增长较慢。这可以认为是EPS发生屈服与否的特征。

(三) 加荷-卸荷试验

试验目的在于研究EPS在反复荷载(如交通荷载)作用下的应力应变状态。试验装置与前述相同, 加荷时稳定12h读数, 卸荷时回弹稳定就读数, 试验曲线见图4。

(四) 粒状EPS的压缩试验

本试验是为配合模型试验中采用粒状EPS (Sprayed EPS) 做柔性填料而进行的。试验时

将一底面积为 79.33cm^2 ，高为 5cm 的圆筒置于钢架上。泡沫以自然状态充填其中(容重 $0.013\text{g}/\text{cm}^3$)，上面加一盖板，下面吊以砝码，其应力应变关系见图5。试验结果：①粒状EPS的应力应变关系与EPS板材的应力应变关系截然不同，即不存在一个屈服点，在试验压力范围内应变呈逐渐稳定的趋势。②压力较小时应变较大，这也与EPS板不同。

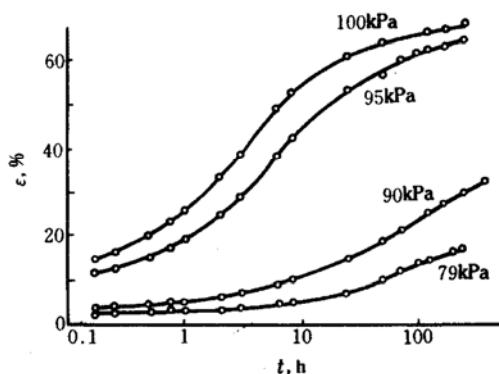


图3 EPS蠕变性能曲线

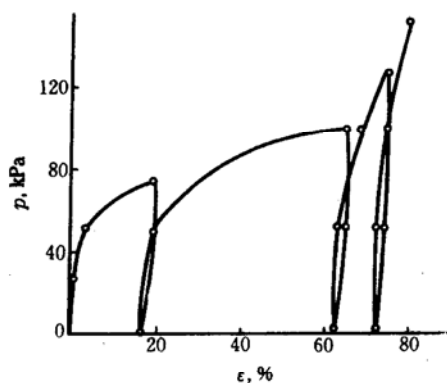


图4 EPS加卸荷试验

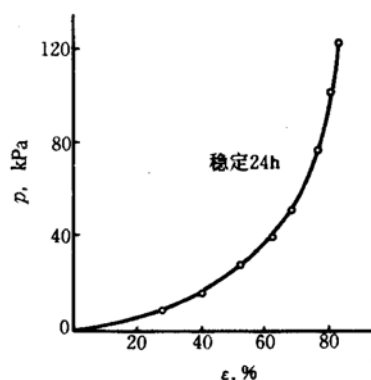


图5 粒状EPS压缩性能

四、EPS'的减压作用模型试验

如前所述，EPS'在土工中的应用是多方面的。本文仅将其做为减压材料^[4]而设计了一个模型试验。试验表明，EPS'结构稳定，施工简单方便，减压效果良好，是一种值得重视的理想柔性填料。

(一) 试验装置与方法

试验是在一尺寸为 $40\text{cm} \times 30\text{cm} \times 55\text{cm}$ 的模型箱中进行的(图6)。模型箱两侧和后面均为钢板，正面固定一厚度为 10mm 的有机玻璃板并以角铁支撑。试验用砂为平潭标准砂，比重 $G=2.65$ ， $e_{\max}=0.85$ ， $e_{\min}=0.57$ 。砂的相对密度控制在 $D_r=0.62$ ，分层填筑。

柔性填料采用EPS板材和粒状EPS两种。当用粒状EPS做为柔性填料时，特制作若干不同厚度且有棱角的布袋子，将粒状EPS以自然状态充填其中。待填土高度达到结构物顶面时，小心放置布袋，然后继续填筑到规定高度。

(二) 试验结果与分析

在未采取减荷措施和采取减荷措施(包括用EPS板材和粒状EPS)两种情况下均量测了土体中应力随填土高度增加的变化情况,如图7。其中1#和2#压力盒的平均值视为结构物顶部所受压力,而3#压力盒则代表管侧土体的应力变化。可以看出在未采取减荷措施时(图7(a))结构物顶部之土大于土体重($\sigma > \gamma H$),说明由于刚性结构物的埋入使结构物顶部出现应力集中现象。这是由于两侧土体沉降大于管顶土柱沉降,外侧土体对结构物顶部土体产生一个向下的摩擦力,即产生一个拖曳作用,而土柱则对外侧土体有一个向上的摩擦力,从而使外侧土体的应力有减小的趋势。3#压力盒的实测值就反映了这种情况。当结构物顶部填筑柔性料时,情况正好相反,即管顶土压小于土体重,而两侧土体应力大于土体重,说明在管顶填筑EPS能够起到减荷作用。减轻的土压实际上由两侧土体承担,即实现了应力由内向外的转移。事实上,结构物顶部填筑EPS以后,在一定的填土高度下柔性填料会产生较大的压缩变形,使得管顶土柱沉降大于两侧土体沉降,形成一个所谓“人工槽沟”。这样,外土柱对内土柱有一个向上的摩擦力,起着一个“土拱”的作用,使结构物所受压力减小;另一方面,则导致两侧土体应力增大(图7(b)和图7(c))。

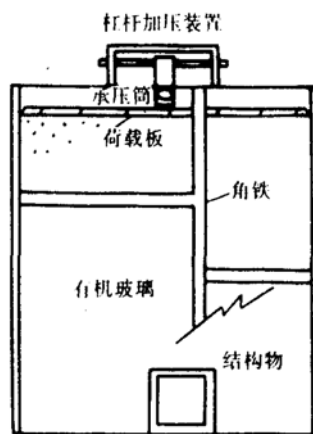


图6 模型箱示意图

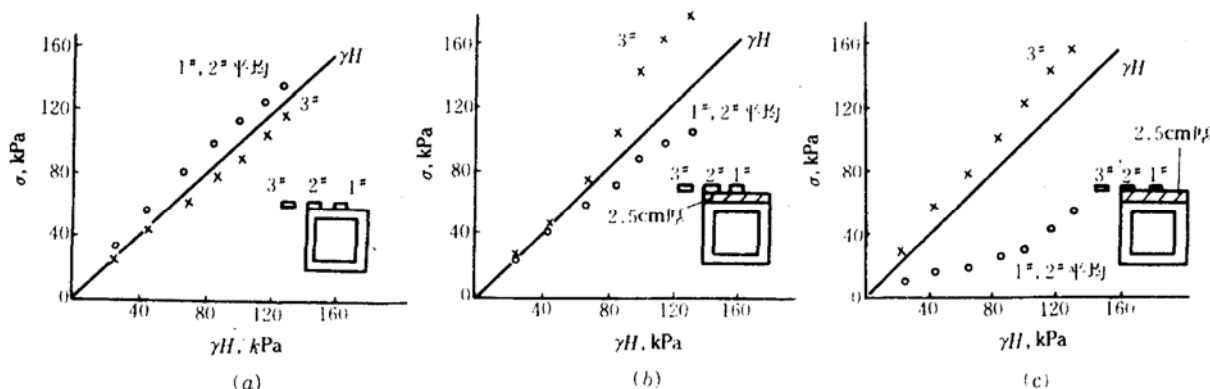


图7 模型土体压力实测

比较图7(b)和图7(c)可知,在填土较低的情况下使用粒状EPS比使用EPS板材效果更为明显。如图7(c)中,管顶土压远小于 $\sigma = \gamma H$ 线,土压系数 K ($K = \sigma / \gamma H$)甚至可降到0.3(图8)。而使用EPS板材,只有当其发生屈服时($\gamma H > 100\text{kPa}$), σ 才逐渐平缓起来,亦即其减压效果逐渐明显。因此,在填土较低时建议使用粒状EPS做为柔性填料。

模型试验还考察了柔性填料厚度不同时管顶土压的影响。当用EPS板材做为柔性填料时,分别选用了1cm、2.5cm和5cm三种不同厚度作为比较方案。但实测结果并没有明显看出无限制增加EPS厚度的好处。其原因主要是,由于只有当EPS发生屈服后,其功效才能得到充分体现。EPS的压缩变形和其

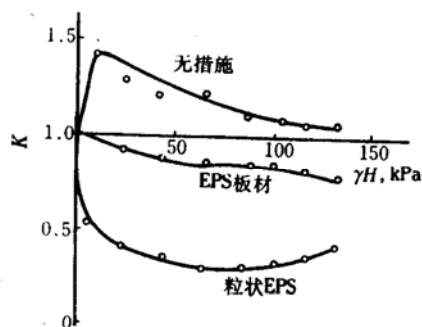


图8 各方案土压系数之比较

其原因主要是,由于只有当EPS发生屈服后,其功效才能得到充分体现。EPS的压缩变形和其

上所受土体压力是相互影响的。当EPS较厚时,在压力较小时就足以提供这一压力条件下的变形,致使EPS并不能屈服,而当EPS较薄时情况正好相反。因此,在同一填土高度下,并不是EPS厚度愈大效果愈明显。用粒状EPS做为柔性填料时也选用了三种不同的厚度做为试验方案。其管顶土压与粒状EPS厚度之关系见图9。

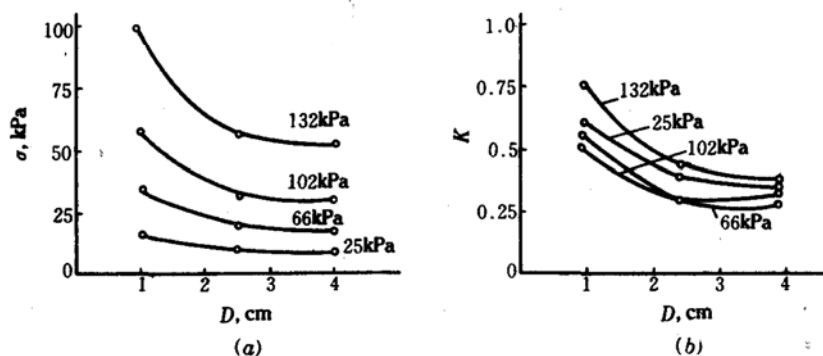


图9 管顶土压与粒状EPS厚度之关系

结果表明,增加粒状EPS的厚度对管顶土压的减小总是有利的。但当厚度增加到一定程度时其效果就不明显了。

五、结 语

EPS在土工中的应用已日趋广泛,其性能参数的测试也必然要走向标准化。本文进行有限的探索,给出了EPS的一些基本性能参数。模型试验表明,将EPS做为柔性填料应用于地下结构的减荷是可行的。它可以大幅度地降低土压,因此有重大的经济价值。

参 考 文 献

- [1] 陆士强.土工处理与设计讲义.武汉水利电力学院.1989.
- [2] ANSI/ASTM D2842-69. Standard Test Method for Water Absorption on Rigid Cellular Plastics, Part 36. 1980: 618~626.
- [3] 王异等.施工试验检验大全(下册).SG232-81《聚苯乙烯泡沫塑料板》.黑龙江科技出版社, 1987: 773~778.
- [4] Sladen J A, Oswell J M. The Induced Trench Method—A Critical Review and Case History. Canadian Geotechnical Journal, 1988(3): 541~549.