EPS 在解决桥头地基沉降问题的应用

张 坚[1]　吕永雄[2]　杨慧光[3]
（1 广东广韶高速公路有限公司，广州，510400）（2 惠州市道路桥梁勘测设计院，惠州，516001）
（3 广东省交通科学研究所，广州，510420）

提　要　介绍了 EPS 材料的物理力学性质和在一个实际桥头路堤填筑工程中的应用。EPS 材料的室内试验结果和现场施工经验表明，EPS 作为一种超轻型材料，具有一定的强度和稳定性，用于路堤填筑工程可以显著地减少路堤的沉降和对桥台台背产生的侧土压力，为解决桥头跳车问题提供了一种新的方法。

一　概　述

泡沫聚苯乙稀(Expanded PolyStyrol，简称 EPS)是一种轻型高分子聚合物，目前大量用作日常用品包装材料，具有重量轻、稳定性好的特点，也有一定的抗压强度和较高的弹性模量。EPS用以填筑路堤在国外已有很长的历史。1972年挪威国家道路研究实验室(NRRL)首次使用 EPS 填筑桥头路堤，瑞典、日本、荷兰、加拿大等国也有工程实例。由于 EPS 重量超轻，一般容重在 0.2kN/m^3 左右，为普通路堤填土容重的 1%~2%，所以用以填筑路堤可显著地减少路基的工后沉降量。目前普遍出现的由于桥头软土地基沉降导致桥台跳车问题，采用各种普通方法总是难以很好解决。如采用排水固结法处理软土地基，成本低但工期长，施工加载难以控制，稍有不慎则容易导致地基失稳滑塌，而且施工质量不易保证，难以消除工后沉降。采用复合地基处理桥头软土地基可以快速地提高地基承载力，也可以较大地减少地基沉降量，但复合地基本身具有一定的压缩性，且受施工机械的局限，一般不能打穿深厚的软土地基，下卧软土地基也会在填土荷载作用下产生一定的沉降。采取 EPS 轻质材料填筑路堤，则可以从根本上减少地基上覆荷载，从而解决地基沉降和桥头跳车问题。在化学性质上，EPS 性质稳定，耐腐蚀、耐微生物，作为路堤填料是可行的。本文即介绍 EPS 材料的物理力学性质以及在实际工程中的应用情况。

二　EPS 材料物理力学性质

1. 吸水膨胀性

路堤填料的水稳定性是影响路堤工作状况和稳定性的主要因素之一。《公路路基设计规范》(JTJ013—95)规定，强膨胀土不应作为路基填料。高速公路及一、二级公路采用中等膨胀土作为路床填料时也应改性后方可填筑，同时应视土质、气候、路基水文条件等情况采用防水、保温、封闭、坡石防护等措施，采用 EPS 填筑路堤，也需研究其膨胀性，

并确定是否需要采取特殊的防水措施。

EPS 膨胀性试验采用三轴仪进行，压力室为浸水容器，试件为 50mm×50mm×50mm 的立方体。试件浸水前用游标卡尺量取试件的长、宽、高三个方向的尺寸，各测三点取算术平均值，在围压为 10kPa 下浸水 2 天后，从压力室中取出试件，用滤纸吸去表面水分，再用游标卡尺量取试件三个方向的尺寸，每个方向各测三点取算术平均值。按下式计算 EPS 材料的吸水膨胀率

$$F_S = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$$

式中：F_S——膨胀率（%）；

V_1——试样浸水前的体积；

V_2——试样浸水后的体积。

试验测定了 4 个 EPS 试件，结果表明 4 个试样吸水膨胀率平均值为 1.65%，说明 EPS 材料的吸水膨胀性很小，可以不需要特殊处理直接用作路堤填料。

2. 压缩性

EPS作为路堤填筑材料应具有足够的强度和弹性模量。按公路工程土工试验的有关规定，分别作三轴压缩试验和单轴压缩试验。

试件尺寸为50mm×50mm×50mm。试样在清水中浸泡24小时以后，在三轴仪上进行三轴压缩试验，围压 $\sigma_2 = \sigma_3$=10kPa，试验速度为0.4mm/min。共测试三个试样，试验结果如图1所示。

试验结果表明，EPS 基本上是一种弹塑性材料。平均 $\sigma_1 - \sigma_3 < 84$kPa 时，EPS 基本上处于线弹性阶段；$\sigma_1 - \sigma_3 > 84$kPa 时，EPS 出现塑性变形。

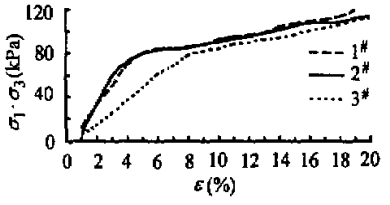


图 1　EPS 三轴压缩试验应力—应变关系

（$\sigma_2 = \sigma_3$=10kPa）

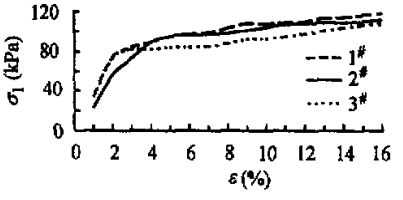


图 2　EPS 单轴压缩应力—应变关系

（$\sigma_2 = \sigma_3$=0kPa）

单轴试验也在三轴仪上进行，此时围压 $\sigma_2 = \sigma_3$=0kPa，试验速度为 0.4mm/min，共测试了三个试件，试验结果如图 2 所示。单轴试验结果与三轴压缩试验相似，其结果也表明 EPS 是一种弹塑性材料。1、2、3 号试样的弹性极限分别为 90.69kPa、84.90kPa 和 81.73 kPa，平均为 84.33kPa，线弹性模量分别为 2.27MPa, 2.83MPa 和 2.72MPa，平均为 2.61MPa。取应变为 5%时的应力为 EPS 的无侧限抗压强度，则三个试样的无侧限抗压强度平均值为 92kPa。

三　工程实例

EPS 的力学性质表明，作为一种质量超轻、稳定性好且具有一定抗压强度的工业化产品，完全可以用来填筑路堤，解决路基沉降、失稳和桥台跳车问题。

1. 工程概况

广东某大桥南岸路堤原设计采用挖方石渣填筑，路面宽 31 米，路堤高度为 7m，坡比 1:1.5。路基设计断面见图 3。1997 年 3 月，当路堤填筑到 4m 左右高度时在桥台后出现两次较大规模的路基滑移。下伏地基土及其力学性质见表 1。经验算，如不进行处理，路堤高度为 7 米时，地基稳定安全系数为 0.70；路堤高度为 4 米时，地基稳定安全系数为 1.07。

表 1　地基土层分布及土力学性质参数

层　号	土名	厚度	含水量 (%)	密度 g/cm³	孔隙比	压缩模量 MPa	凝聚力 kPa	内摩擦角度
1	淤泥质中砂	3	29.3	1.95	0.78	3.67	3.5	17.6
2	淤泥质粘土	8	57.4	1.69	1.47	1.26	4.7	5.5
3	淤泥	6	67.8	1.61	1.72	1.4	4.7	2.9
4	砂质粘土	3	26.8	1.99	0.67	4.62	20.7	25

2. 处理措施

为了防止路基继续滑移破坏，减少台背差异沉降，如按原设计填土，则必须对路基下软土地基进行处理，而路堤已填筑至 4 米多，且路堤填料为挖方石渣，在已筑路堤上进行地基处理施工难度较大，投资增加很多，工期也不允许。考虑到目前路堤填筑时间已超过两年，路基已沉降 40 多公分，经比较各种方案后，决定采用 EPS 填筑剩余部分高度为 4 米的路堤，填筑前，用推土机推掉厚约 1 米的已填石渣。路堤结构见图 4。

3. 力学分析

作用在最下部 EPS 的竖直压力由路面结构层、EPS 块体上部结构自重、活载等产生。设计沥青混凝土结构层总厚度为 48cm，容重 γ=23kN/m³，钢筋混凝土板总厚度为 15×2cm，容重 γ=25 kN/m³。设计车辆荷载为汽-超 20，挂 120，则作用在最底层 EPS 的垂直压力为 33kPa，小于 EPS 的抗压强度 0.9MPa。地基稳定安全系数为 1.37

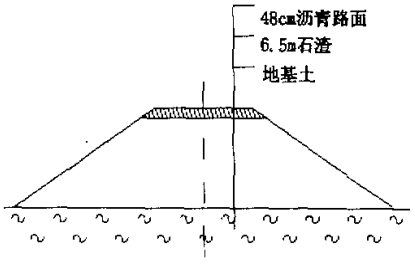


图 3 路堤原设计断面图

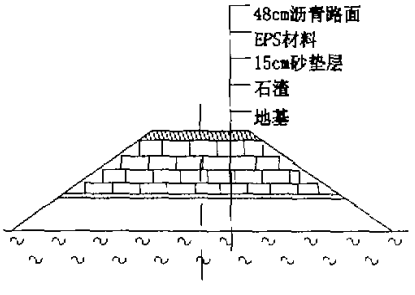


图 4 路堤更改设计断面图

4. 沉降计算

原设计路堤有 7 米的填土，按表 1 的地基土力学参数采用分层总和法计算可得地基最终沉降量为 1.43 米。修改设计后采用 EPS 填筑路堤，考虑卸掉已填方的高度约为 1 米的石渣。EPS 容重 γ=0.2kN/m^3，则地基的最终沉降量为 0.61 米。由于此前路堤已填筑高度 4 米多的石渣，填筑时间超过两年，路堤已沉降 0.49 米，因此，采用 EPS 铺筑剩余高度的路堤可将地基的工后沉降控制在 0.1m 左右，和原设计路堤可产生的沉降相比已大为减少。

四 结 语

通过 EPS 室内力学性质实验和实际工程应用，可以得出如下结论：

1. EPS 材料具有质量超轻的突出优点，用以填筑路堤可以在很大程度上减小作用在地基上的附加应力和作用桥台台背的侧压力，减少沉降量，进而解决桥头跳车问题。

2. 采用 EPS 块体填筑路堤，施工快速简便，相应地可以节省施工费用。同时由于 EPS 材料轻，填筑时不会影响地基的稳定，可保证施工的安全和进度。

3. EPS 材料作为一种化学工业产品，如用以大面积铺筑路堤就面临着原材料价格贵、工程费用提高的问题，这使得这种材料的使用受到限制。但在某些特殊情况如本文实例所介绍的工程，出于降低成本、缩短工期和方便施工等目的，这种材料也有其特殊的优越性。

4. 由于本工程目前只铺好了 EPS 路堤，尚未铺筑路面结构层，路堤还没有经受实际行车荷载作用的考验，对其减小工后沉降实际效果以及路堤自身的压缩沉降需观测一段时间才能肯定，这一点需要在以后的工作中补充完善。