

文章编号:1007-2993(2005)06-0311-04

EPS 技术及其在道路路基和桥台填筑中的应用研究

李永鸿 吴堂高 冯永

(中国地质大学,湖北武汉 430074)

【摘要】 分析道路路基沉降、桥头跳车的原因及其对道路和行车的影响,论述软土地区道路病害发生的原因,提出 EPS 填筑路基可以从根本上解决桥路的差异沉降与路堤的残余沉降,达到防止桥头跳车以及台后填土与地基位移对桥台的侧向作用之目的。EPS 填筑路堤可极大减小对地基的压力,其沉降、变位皆小,稳定性好,具有良好的推广价值和运用前景。

【关键词】 轻量土;道路;软土地基;桥头跳车;治理

【中图分类号】 TU 377.1

The Application of EPS in Road Foundation and Bridge Abutment Filling Engineering

Li Yonghong Wu Tanggao Feng Yong

(China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074 China)

【Abstract】 In order to solve the problem of residual settlement at the road embankment and the jump of bridge, the method of light-soil is presented. The research results show that this application practice is very successful and satisfactory. The pressure on ground can be greatly reduced and the settlement and displacement of the EPS embankment are small. So the EPS embankment is worth applying and spreading.

【Key Words】 light-soil; freeway; soft foundation; bridge-jump; treatment

0 引言

近年来我国路桥工程的发展迅猛,高质量、高标准公路的修建,对经济发展至关重要。经调查发现,深厚软基上的路基、桥台病害相当普遍,如路基不均匀沉降、桥台跳车等问题,普通地基处理方法总是难以很好解决。轻量土技术是各种地基处理工法中最为引人注目的方法之一,它的诞生与发展是与材料技术的发展密不可分的。

轻量土技术在国外比较成熟。1972年挪威首次将 EPS 用于奥斯陆郊外的 Flom 大桥,替代桥台路堤的普遍填料,解决了桥梁引桥的不均匀沉降问题。瑞典曾采用 EPS 修复年沉降量达 50~70 cm 的桥梁引桥,取得了许多应用成果。日本在 20 世纪 80 年代利用轻量土回填块作为桥台背后道路填土,以减小护岸结构物的侧向土压力,也取得了巨大的成功。

国内 20 世纪 90 年代开始 EPS 的应用研究。在荷兰专家的建议下,1994 年沪杭高速公路宁波望童跨线桥桥头用轻量土进行路堤填筑,使用情况良

好。2002 年, EPS 新材料动用于同三国道上海段,解决了桥台跳车和道路沉降问题。2004 年的上海国际 F1 赛车场将 EPS 应用于车道施工,快速施工优势十分明显。

国内外实践证明,采用轻量土填筑路基能比较好地解决以上问题,具有较高的经济效益,使用前景广阔。

1 轻量土简介

轻量土,就是单位体积质量减小了的土,是将轻质发泡材料混入到土中得来的人工材料。其密度小,密度约为 $0.02 \sim 0.04 \text{ g/cm}^3$,通常为普通土 ($1.4 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$) 的 $1/70 \sim 1/50$,而强度和变形特性可以达到甚至超过良好的混合土体,也是工程界近年开发并被推广的一种土建新材料。轻量土根据混入的轻量材料,可以分为发泡聚苯乙烯块 EPS 块 (Expanded poly-styrol)、发泡颗粒混合轻量土、气泡混合轻量土;根据密度的大小,可以分为超轻量土、轻量土、准轻量土^[1]。

1)超轻量土湿密度仅为 $0.01 \sim 0.03 \text{ g/cm}^3$,非

常轻,远远小于水的密度,如发泡聚苯乙烯(EPS);
 2)轻量土湿密度在 $0.4 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$ 之间,如发泡颗粒混合轻量土(见图1)、气泡混合轻量土;3)准轻量土,湿密度比一般的普通土小,但比水的密度大,如矿渣、煤灰和火山灰土。

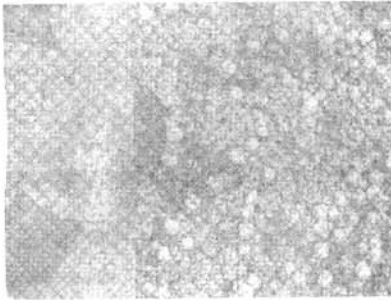


图1 发泡颗粒剂发泡轻量土

2 轻量土的特点及可行性分析

轻量土具有轻量性、自立性、耐压性、耐久性、缓冲性、施工性、隔热性、经济性、环境性等优点^[1]。由于侧向于压力小,易于施工,并能够根据工程需要,调配其强度和变形力学性质等独特的工程特性(见图2),不需要压实,施工机械比较小,施工方便效率高。在软土地区、山区等的路基、路堑、桥涵工程领域有很好的适用性。国外的众多成功经验表明,轻量土在减小荷载、土压力上具有无可比拟的优势^[2]。EPS的抗压强度与其密度的关系见图2。

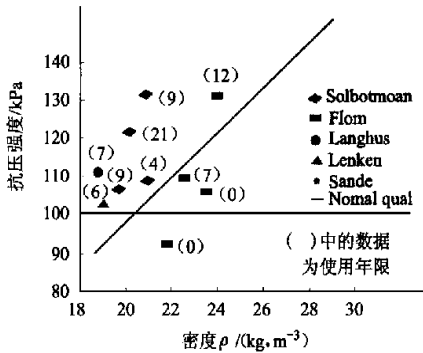


图2 轻量土强度和密度的关系

轻量土的主要特点:

- 1)重度可在 $5 \sim 16 \text{ kN/m}^3$ 内调整,湿密度在 $0.8 \sim 16 \text{ g/cm}^3$ 之间设定。超轻量材料,其密度仅为 $0.01 \sim 0.03 \text{ g/cm}^3$ 之间,约为砂的 $1/100 \sim 1/50$ ^[2]。应用置换法原理,可以显著减少地基的工后沉降量。
- 2)强度可在 $300 \sim 1500 \text{ kN/m}^2$ 的范围内进行调整。EPS无明显断裂的特征,即使进入塑性阶段,强度

仍较高,有足够的强度和刚度满足汽车荷载的要求。

- 3)良好的流动性,通过管道泵送输送距离远、高度大,可以在高边坡、陡峻区域施工。
- 4)固化后可以自立,对挡土结构物几乎没有推挤力,有利于山区的稳定性。
- 5)良好的施工性,不需振捣和碾压作业,满足快速施工的要求。EPS可按设计尺寸任意切割成型,可以人工搬运,人工辅砌。
- 6)具有水泥材料同等的耐久性。

由以上几个特点可见,采用轻量土作为路堤的填筑材料是非常理想的,并在技术和施工上是可行的。

3 常见的路基问题

软土地区路基存在固有的沉降特性,在路基荷载及车辆动荷载作用下,路基产生不均匀沉降、桥台倾斜滑移,形成路面裂缝、空洞、老化、变形等现象,严重损坏路面结构,有时路桥结合处差异沉降量达到 40 cm 之多,车辆通过时,感到明显的颠簸,这种跳车现象使道路的服务能力恶化,影响行车速度及行车安全。国内许多交通工程的路龄、桥龄均在 20 年以内,但在服务期内道路、桥梁提前发生老化甚至破损现象非常普遍,难于达到公路等级的要求,更影响道路的正常营运。所以,路基不均匀沉降已经成为路桥的主要岩土工程问题之一,寻求有效的路基处理措施也就有了非常重要的现实意义。

4 常用路基处理方法

常见的道路路基质量通病有:高填土下沉、软土地基超限沉降、沥青路面早期破损、水泥路面断板开裂、路面不平、桥梁伸缩缝和桥头跳车。其中路基的沉降和桥头差异沉降是最严重的一个难题。为了较好地解决这些问题,目前公路桥梁路基处理中常用到的处理方法有:

- 1)换土垫层法(碾压、夯实),需要大面积开挖,软土层不厚的情况下使用,并且需要较宽阔的场地和大型机械作业;
- 2)深层密实法(强夯、密实),爆破、夯击对周围环境影响很大;
- 3)排水固结法(预压),加载改变路基原有的排水条件,土层较厚时效果不明显;
- 4)加筋法(加筋土、碎石桩),需要较厚的填土;
- 5)热学法(热加固、冻结),工艺复杂;
- 6)化学加固法(高压注浆、水泥土),对砂、粘土层效果不明显。

这些方法都是通过改善土的性质、压缩性、渗透性,加强基础稳定性与刚度,增强抗水平推力、减轻

台后荷载和均衡压重来满足结构物的荷载变形,在一定程度上缓解了路基或桥台的部分沉降和变形。但一些方法的使用可能由于过度填筑,会造成路基滑塌,或由于路堤荷重使软土层发生较大的侧向位移,使桥台桩侧倾、路面开裂,难以从根本上整治路基、桥台病害。《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》规定,高速公路软基容许工后沉降:桥台与路堤相邻处小于 10 cm,一般路堤段小于 30 cm。为此,有的道路工程不得已增加后期费用,通过不断养护和维修来保证道路的正常营运,此种方法费时费力,不尽如人意,效率非常低。

5 轻量土技术

在道路施工中,常会出现路基承载力低、压缩性和灵敏度高、易震动液化及桥背填土不均匀沉降等缺点,轻量土技术的应用基本上可以克服这些不足。

5.1 轻量土用于路基填筑

EPS 材料具有自立性、耐压性、缓冲性等特点,其压缩性能与一般的材料不同,它首先有一个很好的弹性阶段,一直到应变大约为 $\epsilon = 5\%$ 左右所对应的应力值时,才开始发生屈服现象,其受压过程可简单地分为弹性、屈服和硬化三个阶段^[3]。受压之后,EPS 变形迅速增大,当应变达到一定值时又开始硬化。采用 EPS 轻质材料,置换软弱土层,其下卧层所受应力没有增加,地基不致产生沉降^[4]。这种轻质路堤可以降低填筑荷载对地基的影响,有利于减少工后沉降,并且轻量土施工速度快,不需预压,填筑时施工质量容易控制,工程可即时开工,可以快速优质地完成工程任务,节省工期和投资,改变了传统的地基处理及加固的观念,提高了土木建筑工程的经济效益(见图 3)。

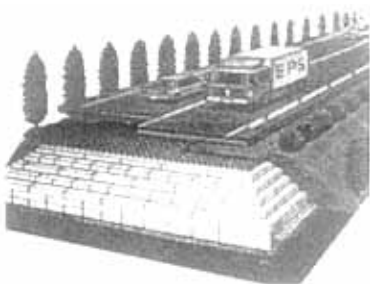


图 3 路堤施工示意图

据已有的工程统计,EPS 材料结构层压缩变形平均值一般保持在 8 mm 左右,从使用实际效果看,用其作为路堤填料是成功的。具体的经济指标体现以下方面:

1) 提高基础的整体稳定性,稳定性系数比传统地基处理方法提高 10%~20%;

2) 节省建设和维修费用,延长构筑物的使用寿命。根据轻量土的不同配合比、场地条件和荷载情况,降低建设和维护总费用 5%~15%,同时还可收到提高行车安全、保证路线畅通等间接的经济效益。

总的说来,从工程技术的应用角度来看,EPS 是软土地基上路堤填筑的绝佳材料。

5.2 轻量土用于山区道路填土

山区滑坡路段的路基填筑和修建公路时,传统的大型桩基、锚固方法常需要大量的费用和时间,效果却难以如愿。在陡峭的山坡上填土,普通填土材料往往难以稳定,施工极为困难。利用轻量土的轻质、高强和自立性来进行路基填筑,基本上可以克服了这些缺点,且施工非常简便。

施工方法为在滑动山体下缘打入重力式抗滑桩,桩顶连接轻质挡墙,然后在桩的上方区域填筑轻量土材料,整平压实后,即可在轻量土上面铺筑路面(见图 4)。该方法降低了填土荷重,减少了土块所承受的滑动力矩,提高路基的抗滑稳定性,同时也简化挡土结构,避免原有地形、地貌的破坏,并且坡面可绿化、保护环境。

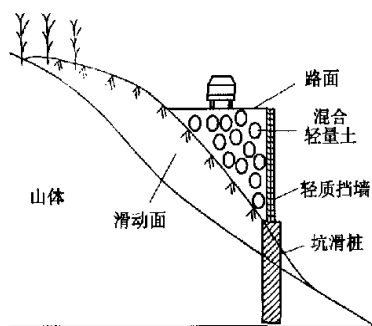


图 4 轻量土在陡峻山区的应用

轻量土施工无需大规模的开挖削坡、填筑,可以大幅度地减轻施加于土体的附加应力,并可抑制山体的沉降和破坏,防止滑动破坏、侧向流动和减小地震力。施工时对环境的影响减小到最低限度,充分利用有限的土地资源,提高道路乃至整个区域稳定安全性^[5]。

EPS 有良好的隔热性能,用于高寒地区软土地基中可有效降低冰冻深度,减少因填筑路基引起的地表下冰冻层溶解而产生的沉降,道路翻浆、冻胀、沉陷等及防护边坡的冻胀破坏现象。

5.3 轻量土用于桥台台背填筑

桥头跳车是公路桥头及桥梁伸缩缝处由于差异

沉降或伸缩缝装置破坏而使路面出现显著的纵坡变化,桥头跳车是公路建设质量通病中的顽症。高速公路桥头跳车尤为值得注意,因为高速公路重车多、车速快,车辆通过时会跃起数十厘米高,存在很大的事故隐患。这种病害不可避免地损坏道路,缩短车辆使用年限,影响乘车的舒适感。采取轻量土进行桥台台背的填筑(见图5),可以减少路基对地基的压力,可以改善地基力学性能,提高承载力,减小桥台桩和盖梁的位移和裂缝,避免路堤挡土墙开裂,保证路基稳定性。达到最好的压实度,减少路堤填土的沉降量,使桥台和路面平整完好。由于轻量土具有隔热性,可以减少路面因昼夜温差而发生的断板、开裂。

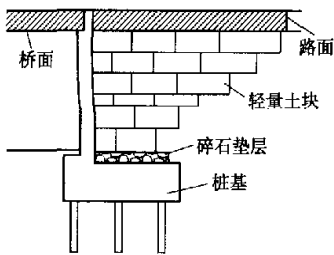


图5 桥台台背填筑

1995年杭甬高速公路宁波市望童桥首先将轻量土技术应用于桥梁填土,经过科研试验鉴定,具体的经济指标体现以下方面:

- 1)减小侧向土压力,减小作用在支挡结构物上侧向土压力,侧向土压力比传统方法减小30%~50%;
- 2)减缓差异沉降,与传统地基处理方法相比,差异沉降减少5%~12%。

此外轻量土施工还具有减振效果,把EPS作为振动机械和道路的支垫材料,可以极大减小动力机械和车辆对周围房屋的影响,减少噪音污染^[6]。

6 轻量土施工方法

1)排水:排水问题处理不好很容易产生EPS层与地基间的局部脱空、EPS块体层与地基间相对滑移等问题。

2)清底工作:挖除桥台后两侧各10m左右,凿除桩周围原桥台混凝土基础,清理干净,桥台前增加锥坡。锥坡应全断面填筑,严格分层夯实,待沉降基本完成后,再开挖坡脚,砌筑台前护脚。

3)垫层铺设:铺设基面上层采用30cm砂石层,下层为20cm稳定碎石层,表面平整,碾压密实。

4)EPS块安放:EPS块体自下而上逐层错缝台阶型铺设,部分缝隙采用砂或无收缩水泥砂浆充分填塞。EPS块件铺设路堤高度平均3m左右,块体

要求错缝设置,EPS块体间设置金属联接件连接。

5)顶板浇筑:顶板采用C25混凝土现浇,分散车辆荷。EPS路堤边坡的稳定性取决于包边土体的稳定性,所以必须保证护坡覆土的压实度达到要求。

EPS遇到汽油、沥青会溶解,因此,EPS路堤施工和柔性路面使用过程中要注意将EPS与汽油、沥青等隔离。至于埋藏在土中的EPS,只要无特殊情况,EPS一般不会劣化。

7 结论

实践证明,EPS有着优良的性能。据已有的施工情况来分析,EPS填筑软基路堤工法效果显著,其沉降、位移比预期的小,EPS处理桥台桩变位中,可以减少差异沉降(5%~12%),解决桥头跳车现象,施工快速简便,能带来较明显的施工和经济效益。

1)采用EPS填筑路基可以很大程度上减小作用在地基上的附加应力和作用在桥台台背的侧压力,从根本上解决桥路的差异沉降与路堤的残余沉降,即可防止桥头跳车以及台后填土与地基位移对桥台的侧向作用,是其它方案无法实现的。

2)采用EPS进行软弱地基上桥台台背填筑,施工简单、方便,不会影响地基的稳定,可保证施工的安全和进度。

3)轻量土应用技术还处于试用推广阶段,尚存在许多问题需要解决,如EPS的应力应变关系、以什么应力和应变参数和材料配合比作为设计指标尚不明确等。为此,建议利用有限元设计和数值模拟技术,加强对材料物理力学性质研究。

4)EPS方案虽然目前费用较高,但随着研究开发和较大规模的使用、石油化学工业技术的发展,成本是会降低的。可以预言,它将在道路工程中具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 徐光黎,杨银湖. 轻量土及其在工程中的应用. 地质科技情报,2005(3):1~2
- 2 徐光黎,小玉荣二,等. 发泡颗粒混合轻量土及其原位力学性质. 水文地质工程地质,2004(增刊):19~20
- 3 张卫兵. 聚苯乙烯泡沫(EPS)的特性及其在道路工程中的应用. 公路,2004(5):147~148
- 4 张小平,包承纲,等. 泡沫轻质材料在岩土工程中的应用. 岩土工程技术,2000(1):58~62
- 5 张水根,王祥真,等. EPS块件在桥台软土地基处理中的应用. 上海公路,2003(1):28~29