

浅谈轻质填料在路基中的应用

李艳琴

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:为减少路基沉降,通常采用轻质填料填筑路堤,其中常用的填料有粉煤灰、土工泡沫塑料和泡沫轻质土。通过工程实例,介绍了这3种填料在路堤中的填筑方法,并结合不同路堤高度、不同填料的工后沉降量及工程造价,对工程设计方案进行了比选。

关键词:路基;轻质填料;工后沉降;粉煤灰;土工泡沫塑料;泡沫轻质土

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0033-04

0 引言

路基是道路的基础,需承受上部填土的自重及路面上的车辆荷载,因此要有足够的强度、稳定性和耐久性。沉降是评价填方路基的一个重要指标,尤其是软弱土基的桥头路堤。软弱土基的压缩性高,产生的沉降大,若填土高将导致其上部路堤的自重较大,进而致使路桥相接处差异沉降过大而产生桥头跳车现象。采用轻质填料填筑路堤,可以减轻路堤自重、减少工后沉降、保证行车平顺,达到提高路基质量的目的。

1 轻质路堤填料

轻质路堤填料可用作需减少路堤重度或土压力的路堤填料,其应用范围包括软土地基上的路堤、桥涵与挡土墙构造物台(墙)背路堤、拓宽路堤、修复沉陷或失稳路堤等^[1]。根据路基的填土高度、地质条件、施工时间等,常用于道路的轻质填料有:粉煤灰、土工泡沫塑料(EPS)、泡沫轻质土。

1.1 粉煤灰

粉煤灰是燃煤电厂的主要废料,主要成分是二氧化硅和三氧化二铝,松干密度为 $450\sim 700\text{ kg/m}^3$;粒径范围为 $0.001\sim 2.000\text{ mm}$;空隙率为 $40\%\sim 50\%$ 。

1.1.1 粉煤灰的优点

(1)强度高。粉煤灰具有火山灰质的活性,能进行水合作用而形成高强度材料。

(2)固结快。粉煤灰透水性较大,固结速度非常快。

(3)单价低。粉煤灰是电厂的废料,其本身材料价格较低。

(4)废物材料的再利用。粉煤灰的再利用可降低碳排放,助力我国碳达峰、碳中和目标的建设。

1.1.2 粉煤灰的缺点

(1)减重效果不显著。粉煤灰湿容重为 $12\sim 16\text{ kN/m}^3$,比普通路堤填料稍轻。

(2)易受水冲刷。粉煤灰透水性较大,受雨水的冲刷会影响路基稳定性。

(3)环境污染较大。

1.2 土工泡沫塑料(EPS)

土工泡沫塑料(EPS)是由聚苯乙烯颗粒发泡而成,聚苯乙烯颗粒中主要含有聚苯乙烯、可溶性戊烷(膨胀成分)和防火剂。在EPS的成型过程中,戊烷受热气化,在颗粒中膨胀形成许多封闭的空腔^[2]。其密度为 $15\sim 30\text{ kg/m}^3$ 。

1.2.1 土工泡沫塑料的优点

(1)自重轻。EPS的容重为 $0.15\sim 0.30\text{ kN/m}^3$,约为普通路堤填料的 $1/100\sim 2/100$,减轻路堤重度的效果非常显著。

(2)耐久性好。EPS化学性质稳定,不易与大多数溶剂产生化学反应而导致破坏。

(3)吸水性差。EPS封闭的结构使水较难渗入,运营过程中不易因水的渗入而产生破坏。

(4)施工简单。EPS施工不需要大型机械,施工中受天气影响较小,施工周期短,无需普通路堤填料那样摊铺、碾压等施工工序。

1.2.2 土工泡沫塑料的缺点

(1)不能抵抗浮力的作用。设计时要考虑地下水

收稿日期:2023-03-03

作者简介:李艳琴(1983—),女,学士,工程师,从事道路设计工作。

位的变化或受洪水淹没时对方案的影响。

(2)单价较高。

1.3 泡沫轻质土

泡沫轻质土是将制备的气泡群按一定比例加入到由水泥、水及可选添加材料制成的浆料中,经混合搅拌、现浇成型的一种微孔类轻质材料^[3]。其密度为300~1 500 kg/m³。

1.3.1 泡沫轻质土的优点

(1)自重轻且可调节范围大。泡沫轻质土的容重为3~15 kN/m³,可以通过调整其中气泡和固化剂的含量来调节设计填料的容重。

(2)导热性能差。泡沫轻质土内部有大量的气泡,大大降低了材料的导热性能,因此具有保温、隔热的性能。

(3)具有防腐性能。泡沫轻质土中水泥采用的是42.5级及以上的通用硅酸盐水泥,具有很好的防腐蚀性及耐久性,延长了轻质土的使用寿命。

(4)高流动性。由于轻质土不含粗骨料,集料粒径不大于4.75 mm,因此流动性较好,施工时可使用软管泵送,施工简便。

1.3.2 泡沫轻质土的缺点

施工要求高。泡沫轻质土由水泥、水和泡沫组成,易产生收缩裂缝,降低路堤的耐久性,而且若水沿着裂缝侵入路基,可能加大路基工后沉降。

2 软土路基的沉降

2.1 总沉降量

路基总沉降量 S 采用主固结沉降 S_c 和沉降系数 m_s 来计算。沉降系数 m_s 取值一般为1.1~1.7,轻质填料路堤的沉降系数 m_s 取值则为1.0~1.1。路基总沉降量 S 的计算公式^[4]为:

$$S = m_s \times S_c \tag{1}$$

主固结沉降量 S_c 采用分层总和法($e-p$ 曲线或压缩模量 E_s)计算。压缩层计算深度控制原则为计算层底面附加应力与有效自重应力之比不大于0.15。

2.2 任意时刻的沉降

任意时刻沉降量 S_t 的计算式为:

$$S_t = (m_s - 1 + U_t) S_c \tag{2}$$

式中: U_t 为地基的平均固结度,采用太沙基一维固结理论计算。

2.3 工后沉降

路基的工后沉降为路面使用期限内的沉降量与路面竣工时的沉降量之差值。

3 工程实例计算

3.1 项目概况

3.1.1 道路总体情况

本工程位于某滨海城市的中心城区,包含1条城市快速路及快速路与主干路的简易互通。

该快速路为东西走向,采用独塔斜拉桥跨越1条Ⅳ级通航河道,通航净高8 m。本段道路红线宽度60~76 m,行人和非机动车采用梯道上主桥过河,引桥仅有机动车道,桥头路基宽度34.5 m。

3.1.2 地质概况及水文条件

项目所在区域临海,根据相关地质勘查钻孔情况分析,路线经过区域广泛分布着软土,而软土含水量高、孔隙比大、压缩性高、承载力低、变形持续时间长。地下水位埋深2 m。

桥头处土层参数(孔隙比 e)见表1。

表1 土层参数(孔隙比 e)

岩土名称	层厚 /m	压力 p /kPa				
		0	50	100	200	400
粉砂	5.05	0.905	0.735	0.693	0.676	0.665
淤泥质土	5.35	1.455	1.303	1.187	1.064	0.947
粉质黏土	8.75	0.871	0.818	0.776	0.741	0.696
细砂	5.88	0.756	0.621	0.599	0.572	0.566
淤泥质土	7.69	1.269	1.196	1.152	1.093	1.024
粗砂	8.23	0.624	0.588	0.557	0.515	0.469

3.2 路基填筑方案设计

本次主要研究桥头路堤采用粉煤灰、土工泡沫塑料和泡沫轻质土填筑对路基沉降的影响以及项目的适应性。

3.2.1 本次研究范围及边界条件

本次研究桥头路基的沉降。

路基顶面宽度34.5 m,桥头设置挡墙,填土高度3 m和6.5 m。道路采用沥青路面,路面结构厚度0.88 m。

原状土承载力的基本容许值为85 kPa,下卧淤泥质软土承载力的基本容许值为55 kPa。为提高挡墙基础承载力和地基下卧层的承载力,路基进行复合地基处理,采用CFG桩,等边三角形布置。

3.2.2 容许工后沉降

根据规范要求,快速路和主干路路面在设计使用年限(沥青路面为15 a)内,其容许工后沉降为桥台与路堤相邻处(一般为5~7H)不大于0.10 m。

3.2.3 采用粉煤灰填筑方案

本方案路堤采用粉煤灰填筑，并掺入适量的石灰，混合拌和后生成石灰粉煤灰。二灰材料配合比为：石灰质量：粉煤灰质量=5：95；容重 12 kN/m³。

具体方案为：路堤底部先铺筑厚 30 cm 碎石作为隔离层，再铺上防水土工布；然后采用二灰分层压实填筑至路床底，路床采用 6%石灰土作为封顶层。计算路基工后沉降与填土高度的关系，结果见表 2。

根据表 2 的计算结果，由于二灰自身重度 12 kN/m³ 只比普通填土的重度 19 kN/m³ 稍小，因此在本项目桥头路堤中，粉煤灰填筑方案只适用于路堤高度不大于 4 m 的情况。

3.2.4 采用土工泡沫塑料(EPS)填筑方案

本方案路堤采用 EPS 填筑,EPS 标准块体的尺寸为 300 cm×127 cm×63 cm,密度不小于 25 kg/m³。

EPS 填筑断面图见图 1。

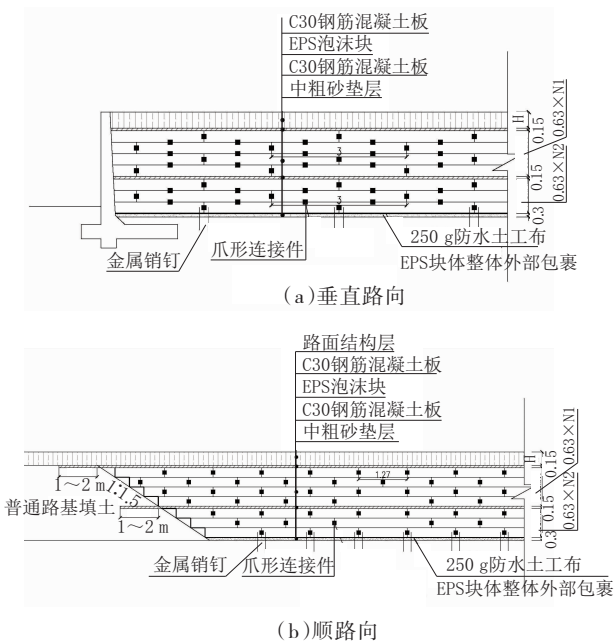


图 1 EPS 填筑断面图(单位:m)

EPS 填筑具体方案为:先在路堤底部铺设厚 30 cm 中粗砂,并控制中粗砂顶面在一个平面上;然后铺设 EPS 块体,EPS 块体自下而上逐层错缝铺设。EPS 块体之间每隔 4~6 层,设置 1 层厚 15 cm 的 C30 现浇混凝土板,板内设置单层双向钢筋网。最上层 EPS 块体铺好后,再设置 1 层厚 15 cm 的 C30 现浇钢筋混凝土板;其上铺筑碎石调平层,最后铺筑路面结构。EPS 块体与填土相接时,混凝土板伸出 EPS 块体并伸入填土内 1~2 m,EPS 块体自下而上铺筑成台阶式,坡比为 1：1.5。EPS 块体整体外部全部采用防水土工布包裹。为防止各 EPS 块体之间产生错位,EPS 块体各层之间采用具有一定强度的爪型联结件联结。最下层 EPS 块体与施工基面和土基之间采用 L 型金属销钉联结。

由于 EPS 容重为 0.25 kN/m³，只相当于普通填土重度的 1/76,故其产生的荷载非常微小,加上本项目路基已进行复合地基处理，若路基范围内均填筑 EPS 时产生的工后沉降将很小。而 EPS 单价很高,是普通填土的几倍甚至十几倍,因此,在合理的工后沉降范围内,本方案先在路堤底部设置普通填土,再铺筑 EPS 块体,以此来降低整体造价。计算路基工后沉降与填土高度的关系,结果见表 2。

由表 2 的计算结果可知,EPS 适用于路堤高度的范围很广。

3.2.5 采用泡沫轻质土填筑方案

本方案路堤采用泡沫轻质土填筑,轻质土设计参数容重为:路床范围内 6.5 kN/m,其余区域 6.0 kN/m。

泡沫轻质土填筑断面图见图 2。

泡沫轻质土填筑具体方案为：先在路堤底部铺筑厚 30 cm 中粗砂垫层,然后浇筑泡沫轻质土;顶面及与填土搭接处设置防渗土工膜包裹,最后浇筑路面结构。按浇筑设备单次的浇筑量,对浇筑区域进行

表 2 工后沉降和工程造价

路堤高度 /m	二灰		EPS		泡沫轻质土	
	工后沉降量 /cm	工程造价 /(万元·m ⁻¹)	工后沉降量 /cm	工程造价 /(万元·m ⁻¹)	工后沉降量 /cm	工程造价 /(万元·m ⁻¹)
3.0	6.6	2.0	0	7.3	5.0	2.9
4.0	10	3.0	2.6	7.7	5.9	4.3
5.0			5.9	8.0	6.8	5.7
6.0			6.0	11.5	8.8	7.1
6.5			6.1	13.2	9.6	7.8
8.0			9.2	16.8		
10.0			9.6	23.7		

注:本表中 EPS 填筑方案采用 EPS 与普通填土相结合的填筑方式。

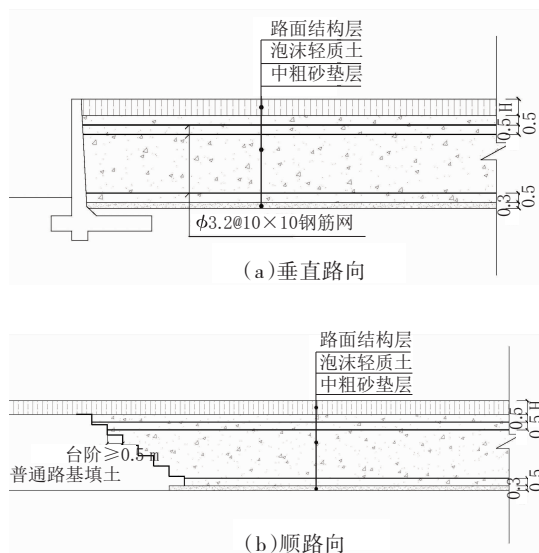


图2 泡沫轻质土填筑断面图(单位:m)

分块浇筑,每块浇筑的高度为0.5~0.8 m,每块的顶面高差不宜超过20 cm,并需要进行削坡处理。每块泡沫轻质土之间需要设置沉降缝,填塞沥青木板。计算路基工后沉降与填土高度的关系,结果见表2。

由表2的计算结果可知,在本项目桥头路堤中,泡沫轻质土填筑方案只适用于路堤高度不大于6.5 m的情况。

3.2.6 方案比较

由表2可知,就材料单价而言,二灰单价最低,EPS单价最高,泡沫轻质土介于二者之间。当路堤高度不大于4 m时可选用二灰填筑,不大于6.5 m时可选用泡沫轻质土填筑。然而,对于工程方案的选择,

不仅仅需要技术上可行,还需要综合考虑施工周期、环境因素、当地材料购买难易及项目成本等,以此来选择最优方案。对于本工程桥头路堤来说,0号桥台处填土高度有3 m,可采用二灰填筑;N号桥台处填土高度有6.5 m,可采用泡沫轻质土填筑。

4 结 语

(1)路基沉降是检验路基质量好坏的一个重要指标。采用轻质路堤可以大大减少路基沉降,粉煤灰、土工泡沫塑料和泡沫轻质土都是工程中常用的轻质路堤填料。

(2)从减小路基工后沉降的效果来看,粉煤灰(通常采用二灰)重度稍小于普通填土,适用于填土高度较小的情况;土工泡沫塑料重度非常小,适用于填土高度较大的情况,泡沫轻质土介于二者之间。

(3)工程中应根据填筑高度的不同并结合考虑工程造价,采用合适的填筑材料。根据本工程地质情况,当填筑高度不大于4 m时,宜采用粉煤灰(通常采用二灰);当填筑高度不大于6.5 m时可选用泡沫轻质土。

参考文献:

- [1] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].
- [2] 聂立威.浅谈EPS在桥台台背软土地基施工中的应用[J].城市道桥与防洪,2010(4):133-136.
- [3] CJJ/T 177—2012,气泡混合轻质土填筑工程技术规程[S].
- [4] JTG/T D31-02—2013,公路软土地基路堤设计与施工技术细则[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com