

气泡轻质土在路基台背回填中的应用效果分析

魏功槐

(山东省路桥集团有限公司, 山东 济南 250014)

摘要:以气泡轻质土为研究对象,总结了气泡轻质土在路基台背回填中的应用特征;同时借助现场监测数据,研究分析了气泡轻质土在路基台背回填中的受力及变形性能。结果表明:气泡轻质土作为回填材料,可以很好地解决桥头跳车现象;当工程中地基承载力不足时,可采用气泡轻质土作为回填材料,降低地基负载;台背土压力远大于台侧土压力;随着时间的增长,台背土压力和台侧土压力逐渐趋于稳定,最终满足地基承载力的需求。

关键词:气泡轻质土;台背回填;土压力;沉降差;承载力;效果

中图分类号:U416

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)03-0248-03

0 引言

随着我国交通运输的不断发展,道路桥梁建设向着高山峡谷进军^[1]。高山峡谷地区往往地形差距过大,对于部分低等级公路,由于造价低,实现较大桥隧比较困难,因此大部分道路都采取填挖的形式。挖方路基会导致边坡下缘失去支撑力,容易滑坡;还会破坏原有土的结构,当遇到外界不利因素,例如降雨、地震时,就会导致土体失去已有的稳定性。而对于填方路基,虽不容易造成滑坡现象,但填土自重大,容易给下方路基造成压力^[2]。在我国公路工程中,因填土自重过大而导致路基破坏的案例不在少数。因此如何降低填方路基中填土自重的的问题已成为许多专家学者研究的重要课题。研究发现,公路涵洞也常常因上部填土自重过大而出现裂缝。为避免发生此类病害,部分高填方涵洞采取在涵洞上方铺设柔性材料的措施,以柔性材料来吸收压力。气泡轻质土就是一种柔性材料,其自重小、强度高,因此用途广泛。如在某些地质复杂的地区,地基承载力不足,就可以用气泡轻质土代替回填土施工来降低基础上部荷载^[3]。还有,路基台背的回填土常常会存在不均匀沉降或者土压力过大,导致台背负载过大,若将气泡轻质土用于台背回填,就能缓解跳车现象^[4]。本文以具体的工程案例为依托,利用现场监测数据来研究气泡轻质土在路基台背回填中的受力特点和沉降关系^[5]。

收稿日期:2023-03-27

作者简介:魏功槐(1983—),男,硕士,高级工程师,从事公路施工作业。

1 气泡轻质土概述

1.1 概念

在工程施工中,首先将发泡剂与水泥浆液按一定比例混合,然后采用泵送设备将混合物输送至指定位置,在某一温度下养护一定周期后形成内部具有大量气泡孔的工程材料,即为气泡轻质土。采用该材料用于路基施工不但可以加快施工进度,而且可以减小路基运营期内沉降值,提高路基整体稳定性。目前,气泡轻质土凭借其具有的轻质便捷、性能优良及绿色环保的优势,在公路路基工程领域发挥着越来越重要的作用。例如在路基加宽工程中,气泡轻质土可以作为路基填筑材料,另外再用锚杆倾斜打入路基中,以加固气泡轻质土与已有路基的连接,如图1所示^[6]。

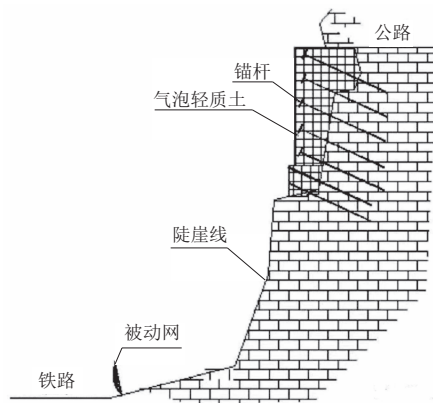


图1 高32 m的气泡轻质土

1.2 气泡轻质土的特点

气泡轻质土的主要材料有固化剂、发泡剂、水及其他外掺材料,按照一定比例将上述材料配制、搅拌、凝固后即可形成气泡轻质土。与普通土体相比,

气泡轻质土密度较小,强度较大。由于这一特性,将气泡轻质土应用于路基回填工程中,不但可以较好地承担路基上部荷载,而且可以减轻对路基下部土体的影响。在工程实践中,根据不同工程需要,可以对固化剂类别和含量、气泡剂用量等进行调节。气泡轻质土的密度变化范围为 $0.4\sim1.5\text{ kg/m}^3$;强度指标变化范围为 $0.5\sim35\text{ MPa}$,工程应用中选取范围为 $0.5\sim1.5\text{ MPa}$ ^[7]。

在工程应用中,气泡轻质土具有如下特征:

(1)适用范围广,流动性良好。气泡轻质土不含大颗粒骨料,可以利用泵送设备输送到指定区域,从而摆脱了现场施工环境的限制。且因加工点与灌注点分离,使得施工进度加快,工程造价降低,机动灵活,对周围环境的影响小。

(2)固化自立性能好,可做到垂直自立。气泡轻质土一般采用水泥作为固化剂,灌注完成后可固化自立,对周围构筑物扰动小。在山区陡坡地段及建筑物附近的公路路基回填过程中,无需采用防护措施,减少了人力物力的使用。

(3)减小路基变形。在路基上部荷载作用下,将气泡轻质土用于路基回填有利于减小路基沉降变形值,改善桥台跳车情形。

(4)轻质高强、经济合理。采用气泡轻质土可以减少路基下部土体承担的荷载值,降低路基差异沉降等工程病害的发生率。与传统回填方式相比,减少了人力物力的使用,降低了工程造价,缩短了工期,经济合理。

2 气泡轻质土的工程应用

2.1 工程简介

某城市主干路单侧紧邻住宅小区,地质情况复杂,软弱土层深厚,最深处达 17 m ,台后填土高,桥梁与道路连接处会因地基不均匀沉降而产生跳车现象。若采用深层搅拌桩处理,则工程费用较大,对周边环境的影响也较大。为解决这一问题,经研究决定,在某段桥头与道路连接段设置气泡轻质土回填,以减小填土荷载,降低不均匀沉降差;同时为了减少地下水对气泡轻质土的影响,提前做好防渗设计。气泡轻质土台背回填断面图见图2,气泡轻质土参数见表1。

2.2 气泡轻质土填筑方案

(1)气泡轻质土防水设计。本工程中气泡轻质土用土工布包裹,路基顶面水分通过道路两侧的排水沟排出。

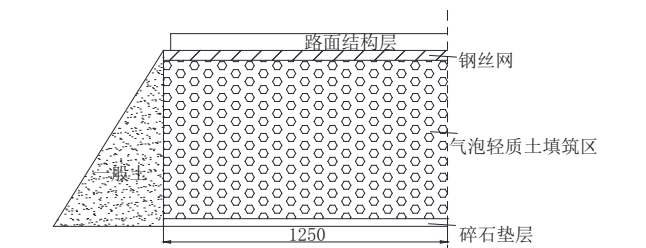


图2 气泡轻质土台背回填断面图(单位:cm)

表1 气泡轻质土参数

湿容重 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	抗压强度 /MPa	弹性模量 /MPa	流动度 /mm
6.0	1.0	250	180 ± 20

(2)铺设垫层。由于气泡轻质土与下方路基材料属性有所差别,会导致不均匀沉降。为了避免此种现象,本工程采取铺设碎石垫层,厚度 35 cm ,压实度大于 92% 。铺设气泡轻质土之前做好整平工作。

(3)设置钢丝网。为了保证气泡轻质土的强度和稳定性,在轻质气泡土的填筑顶层设置钢丝网。

(4)路基两侧采用一般土体回填。一方面方便绿植的生长,另一方面也可以防止泡沫飞散,提高路基美观性。

(5)在填筑过程中,根据设计的埋设位置,将沉降管和土压力盒埋入地下。土压力盒的布置和沉降管埋设位置见图3^[8]。

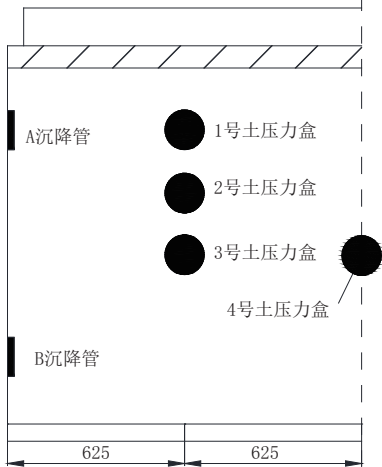


图3 土压力盒的布置和沉降管埋设位置(单位:cm)

3 气泡轻质土回填现场数据分析

本次现场数据采集共设置4个土压力盒、2个沉降管。当气泡轻质土填筑完成后,开始采集数据,采集时间共计16个月,然后绘制时间与沉降、时间与土压力的曲线图。

3.1 土压力值数据分析

3.1.1 台背地基土压力值

3号、4号土压力盒测得的是台背地基土压力

值。台背地基土压力随时间变化的曲线图见图4。

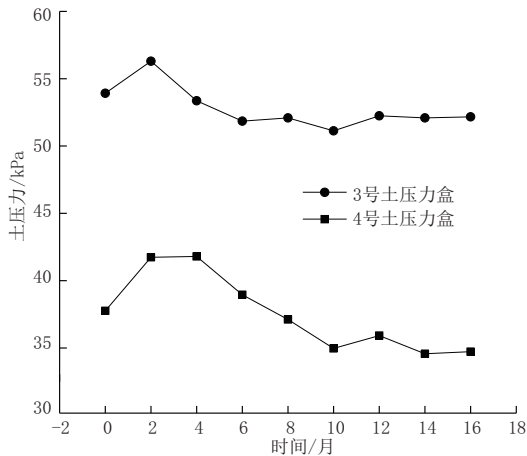


图4 台背地基土压力随时间变化的曲线图

土压力的大小与填土的重度有关,填土重度越小,土压力就越小。气泡轻质土作为回填材料,重度小,因此整体土压力也较小。由图4可知,随着时间的增长,台背地基土压力逐渐减小,最后趋于稳定。

对比3号、4号土压力盒的数值,可以得出,离路基中心线越远,土压力越大。这是因为,路基两侧选择用一般土体填筑,而一般土的重度要远大于气泡轻质土,因此在气泡轻质土与一般土的交界处会产生不均匀沉降,出现摩擦力。从气泡轻质土的角度分析,气泡轻质土所受摩擦力为向上的摩擦力,在此力作用下,路基中心线处的土压力值将降低^[9]。当填土的时间超过1 a后,填土沉降逐渐稳定下来,这是因为土的沉降主要由三部分构成:瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降。瞬时沉降在上部路基完成后已基本完成;固结沉降是随着时间的增长,土中颗粒在上部荷载作用下,随着土中空气和水的排除,土体体积减小所发生的沉降;当固结沉降完成后,土仍然会发生的沉降现象称为次固结沉降,这部分沉降主要是由颗粒之间的蠕变引起的,时间较长。在本案例中,10个月后,土体沉降已基本保持不变,可以推测土体的固结沉降已基本完成^[10]。

3号、4号土压力盒测得的最大土压力值分别为57 kPa、42 kPa,远小于地基最大承载力,因此,气泡轻质土有足够强度承受上部荷载。

3.1.2 台背侧压力

1号、2号土压力盒所测得的土压力值为台背侧压力。台背侧压力随时间变化的曲线图见图5。

1号、2号土压力盒位于台背侧面,测得的台背侧压力远小于台背地基土压力。土压力盒越靠近路基顶面,台背侧压力越小。这是因为,台背侧压力大部分来源于土的自重,当土体越接近路基顶面时,上

覆土体越少,台背侧压力也越小。

由图5可知,台背侧压力随着时间的增长越来越小。路基填筑完成12个月以内,台背侧压力减小的速度较快,接近直线;填筑完成12个月之后,台背侧压力减小幅度降低,逐渐稳定。这是因为,气泡轻质土中掺和的水泥在前期有水化反应,当内部结构完成固结后,对周围的土体不再产生压力^[11]。

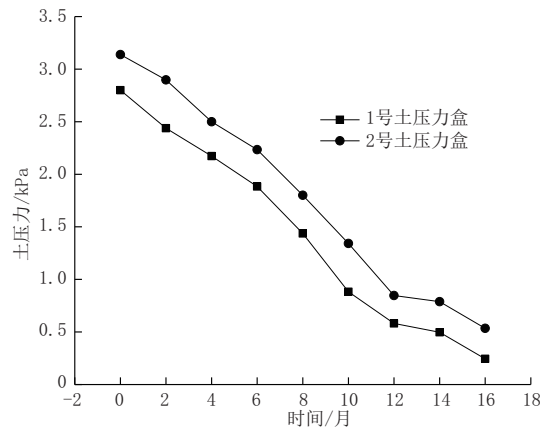


图5 台背侧压力随时间变化的曲线图

3.2 沉降数据分析

A沉降管测得的是路基沉降值,B沉降管测得的是地基沉降值。如图6所示,在监测期间A、B两处的沉降值相差较大,但两者未出现明显的沉降差。因此可以说明,气泡轻质土可以缓解基础的不均匀沉降。

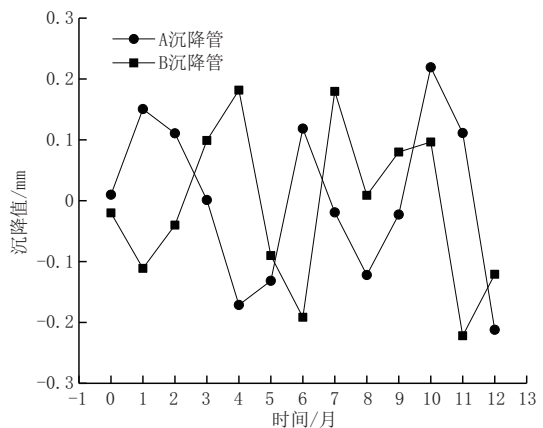


图6 路基和地基沉降随时间变化的曲线图

4 结 语

(1)气泡轻质土作为回填材料,一方面可以解决桥头跳车现象,另一方面也可以减少填土荷载。

(2)根据现场监测结果可知,当路基填筑完成1 a后,台背土压力逐渐稳定。

(3)台背侧压力远小于台背土压力。在进行结构设计时,优先考虑台背土压力是否满足要求。

(4)基础沉降并未出现明显的不均匀现象,因

(下转第261页)

(4)注意回填沉井周边掏空区域。当在不良地质中进行沉井作业时,由于土体强度较差,伴随着井体的下沉往往会出现较为明显的塌陷掏空现象。故在不良地质中进行沉井作业前,可在井位周边设置1圈隔离保护桩;且在恢复路面之前,应注意对沉井周边掏空位置进行回填压实,防止后期井位周边出现路面塌陷现象。

(5)注意工后检测。对于在不良地质中施工的管道,在施工完成后,可根据现场条件对路基的掏空情况进行全面检测或局部抽查,具体可采用透地雷达法、敲击回音法、红外线热影像法等方法进行检测。对于存在掏空的地方,应立即进行回填或注浆等处理^[4]。

3 工程实例

潮州市枫江深坑国考断面达标攻坚工程(潮州段)1期工程,包含新建潮州市湘桥区、枫溪区、潮安区凤塘镇、浮洋镇、古巷镇的市政污水管网,全长共计约740 km。

该项目污水管道敷设位置主要位于农村、厂区及现状城市道路下,周边建筑密集、车流量大,故对管径300~700 mm、埋深2.5 m以上的管道均考虑采用拉顶管工艺进行施工。

然而由于枫溪区、浮洋镇等区镇地质情况较差,

普遍存在深厚淤泥层及砂土液化层,故在工后管道QV检测中发现局部管道存在起伏的情况。此外,在液化土层中进行施工时,也偶发因水体大量涌入而无法继续施工的情况。为此,经各方讨论,并聘请专家进行指导,提出了在不良地质中采用球墨铸铁抗剪接头管节的方法,而对于渗水渗砂量大的土层,则改用双仓联动螺旋增压排浆机头来控制出浆量,以避免地面沉降。

结果表明,上述改进方法切实可行,可为拉顶管工艺在软弱土层中的应用提供指导。

4 结 语

文章分析了拉顶管工艺在软弱土层中应用时各种问题的产生原因,并提出对应的改进方法。根据在实际工程中的应用成果,表明所提出的改进方法有效可行,可为该工艺后续应用于软弱土层时提供指导。

参考文献:

- [1] 陈伟鹏.排水工程中定向钻导浆拉管、顶拉管的应用技术[J].城市道桥与防洪,2021(11):163-166.
- [2] 郭坤,李齐军.重力流排水管定向钻技术改进探讨[J].给水排水,2018(6):102-105.
- [3] 陈慧津.先导顶拉管工艺关键技术研究[D].广州:暨南大学,2020.
- [4] 江支弘,郑家齐,许耿苍.路基与路堤掏空之检测[R].台湾:中国土木水利工程学会,2009.
- [5] 李钊.气泡轻质土在深层软基处理中的应用[J].交通世界,2017(21):54-55,59.
- [6] 张小盟,袁名旺.气泡轻质土在填筑桥台背中的应用[J].山西建筑,2017,43(9):155-156.
- [7] 李从保,王旭东,江磊.气泡轻质土路基在城市高架项目中的应用探析[J].安徽建筑,2022,29(7):140-141.
- [8] 贺传宇.公路桥涵构造物路基台背回填方法[J].中华建设,2022(7):157-158.
- [9] 张明阳,王炳华,唐高华,等.高速公路改扩建气泡混合轻质土施工质量控制[J].质量与市场,2022(12):193-195.
- [10] 吴翔,王俊程,黄鹏睿.桥涵台背回填质量控制的实践与探索[J].福建建筑,2022(1):64-66,115.
- [11] 覃业森.台背回填矿粉气泡混合轻质土性能试验研究[J].路基工程,2021(5):120-123.
- [1] 轩凯歌.气泡轻质土在收费站拓宽项目中的应用[J].科技视界,2021(7):141-142.
- [2] 王福.气泡轻质土在黄土区桥台差异沉降控制中的应用研究[J].城市建筑,2019,16(15):161-162.
- [3] 杨琪,张友谊,刘华强,等.一种气泡轻质土路基受载-破坏模型试验[J].岩土力学,2018,39(9):3121-3129.
- [4] 王佳.气泡混合轻质土在高速公路中的应用[J].中国公路,2018(10):88-89.

(上接第250页)

此,气泡轻质土是一种稳定且可靠的回填材料。

(5)气泡轻质土是一种新型的建筑材料,自重较小,承载能力较高,在挖填路基中最为常见。本文所研究的气泡轻质土在路基台背中的应用,一方面完善了气泡轻质土的性能,另一方面可为类似工程提供经验借鉴。

参考文献:

- [1] 轩凯歌.气泡轻质土在收费站拓宽项目中的应用[J].科技视界,2021(7):141-142.
- [2] 王福.气泡轻质土在黄土区桥台差异沉降控制中的应用研究[J].城市建筑,2019,16(15):161-162.
- [3] 杨琪,张友谊,刘华强,等.一种气泡轻质土路基受载-破坏模型试验[J].岩土力学,2018,39(9):3121-3129.
- [4] 王佳.气泡混合轻质土在高速公路中的应用[J].中国公路,2018(10):