

论城市快速路工程泡沫轻质土路基施工技术要点

张 宁

中铁上海工程局集团第四工程有限公司 天津 300170

摘 要: 随着世界范围内道路建设的不断发展, 建筑行业正在努力寻找一种用于在特定地区修建道路的多功能材料。泡沫轻质土采用低成本原材料生产, 密度从300到1800kg/m³不等, 强度可调, 绝热性好, 施工方法更简单, 已成为一个有价值的道路施工材料的候选者。本文研究了泡沫轻质土的成分以及物理和机械性能, 例如其抗压强度、抗弯强度和稳定性。同时还概括了泡沫轻质土在城市快速路路基施工中的工程应用。

关键词: 泡沫轻质土; 快速路; 施工建造

引言: 随着世界范围内道路建设的不断发展, 在沙地、冻土、软土等地区修建道路已成为必然。然而, 传统技术, 包括土体加固和桩基处理, 存在耐久性差、价格高、施工难度大等缺点。因此, 寻找经济、通用、便捷的施工工艺成为科学家和工程师的不懈追求。因此, 泡沫轻质土的应用正在高速增长。泡沫轻质土由于其轻质多孔的特性, 可以有效减少路基沉降, 缓解外界温度变化对路基的影响; 因此, 它被认为是一种优良的筑路材料。

1 泡沫轻质土的研究

泡沫轻质土是在生土中加入一定比例的固化剂、水和预制的发泡组, 充分混合搅拌而成的轻质土工材料^[1]。现浇泡沫轻质土采用机械方法充分发泡, 并与水泥浆均匀混合, 用于现浇施工或成型。该材料具有重量轻、流动性好、硬化后力学性能优良的特点。在更换软土回填土时, 可减少道路沉降, 已成为公路软土路基处理的高新技术手段。其中, 生土可以是细沙、粉煤灰、淤泥; 因此, 轻质气泡土的特性可以根据特定用途和场合进行定制。泡沫轻质土的主要特点是砂浆中含有泡沫孔, 使其比其他土轻, 容重小于传统土。除了这些特性外, 它还具有出色的隔热性能和可调节的强度, 比其他材料更容易泵送, 并且其生产中使用的原材料成本低。

上个世纪八十年代发明了充气轻质土, 借鉴了蒸压加气混凝土技术和泡沫混凝土技术; 因此, 它在硬化方面与泡沫混凝土没有太大区别。但就应用领域而言, 两

种土有明显区别: 泡沫混凝土常用于建筑节能和外墙保温, 而泡沫轻质土因体积较大, 更广泛用于路基填筑和结构减载。体积密度和低成本。自世纪之交以来, 泡沫轻质土取得了可喜的发展, 这可归因于许多原因, 包括原材料性能的改进以及制备和养护技能的改进, 并不断探索可以应用的新领域。例如, 有研究学者在东京羽田机场的D跑道建设中使用了泡沫轻质土来减少跑道沉降。另有学者指出了泡沫轻质土壤作为潜在的可持续路面材料的可行性。此外, 我国研究学者也使用泡沫轻质土壤作为飞机拦阻系统, 以提高跑道超限的安全性, 并且在这个方面取得了不小的成就。

2 泡沫轻质土作为路基施工的制备和配比

2.1 粘合剂

普通波特兰水泥、硫铝酸钙水泥和高铝水泥是泡沫轻质土壤中的主要粘合剂。此外, 粉煤灰、硅灰和矿渣是近年来使用最广泛的替代水泥材料。粉煤灰能有效降低水化温度, 增强泡沫轻质土的长期强度。矿渣可以增强泡沫轻质土的完整性, 提高其抗压强度和抗弯强度性能, 并防止结构开裂。硅灰增加了结构的致密性并改善了材料的胶结性能。

近年来, 新型胶结材料为泡沫轻质土的发展提供了信息。例如, 将钛渣提取物、红石膏和水泥以10:45:45的比例混合可以将泡沫轻质土的抗压强度提高到2.14MPa。此外, 使用矿物石膏代替水泥可以使密度为600 kg/m³的泡沫轻质土具有2 MPa的抗压强度。

2.2 泡沫剂

泡沫是泡沫轻质土壤的重要组成部分, 被定义为通过添加泡沫剂形成的封闭空气空隙。常见的泡沫剂分为两类: 化学泡沫剂和物理泡沫剂。铝粉和过氧化氢是最常见的化学泡沫剂。由于化学泡沫剂的化学反应剧烈,

作者简介: 姓名:张宁 出生年月:1986.04.26 民族:汉 性别:女 籍贯:甘肃省泾川县 单位:中铁上海工程局集团第四工程有限公司 职称:助理工程师 职位:项目工程部副部长 学历:在读硕士研究生 邮编:110000, 研究方向:城市快速路施工

必须严格控制反应物料的用量和反应条件。因此,化学泡沫剂常用于制备要求较高的超轻质泡沫土。与化学泡沫剂不同,物理泡沫剂采用高速混合、压缩空气等机械手段将空气引入发泡溶液中。因此,发泡过程更容易控制,并且由此产生的泡沫比使用化学泡沫剂形成的泡沫更稳定。普通的物理泡沫剂包括松香型泡沫剂、合成型泡沫剂、蛋白质型泡沫剂和复合型泡沫剂,其中蛋白质型和复合型泡沫剂以其较高的起泡率和稳定的发泡效果等众多优点成为应用最广泛的泡沫剂。

2.3 骨料

采用直径小于4.75毫米的材料制作泡沫轻质土(即细骨料),以防止生成的土被大颗粒结构破坏,从而引起消泡现象。未经处理的土壤建筑垃圾或其他新材料也可用作骨料。

2.4 水

水不会影响泡沫轻质土的强度和耐久性。饮用水、自来水、河水、湖水和鱼塘水均可用于制备气泡轻质土。含水量由许多因素决定,包括骨料的类型、粘合剂材料和所需的密度。低含水量会产生坚硬的混合物并导致泡沫在混合过程中破裂;高含水量可能会导致浆料变得太稀而无法容纳泡沫。对于粘土,含水量高于水限值的1.9倍时,更加推荐用于生产泡沫轻质粘土。然而,对于其他土壤类型,水灰比应在0.4到1.25之间。如果使用最大值,则通常不向混合物中添加减水剂。

2.5 泡沫轻质土的混合比例

泡沫轻质土的混合比例会影响粘合剂、水、泡沫和骨料之间的关系。混合比例通常是通过实验得到的。

此外,通过文献阅读我们发现,有研究学者提出了空隙/水泥比(V/C)的比例式,其定义为粘土空隙体积与水泥体积之比。还有学者针对不同饱和条件、固化时间和混合组分的样品,提出了不同测试条件下有效孔隙率的概念。我们专家学者提出了一种基于干密度和经验系数乘积的方法。所有这些方法都为基于理论和公式的泡沫轻质土配合比研究提供了支持。

3 不同工况下的力学性能分析

在城市快速路工程中,考虑软土地基处理的现浇泡沫轻质土长期受地下水和路面渗水和季节性温度变化的影响^[2]。因此,主要研究现浇泡沫轻质土材料在城市快速路的应用中所表现出的力学性能。

3.1 物理性质

(1) 干燥收缩。干缩是指混合物在混合固化后因水分蒸发和水化而引起的体积收缩现象。据报道,泡沫轻

质土的收缩率在总体积的0.1%到0.35%之间,是普通混凝土的4-10倍。因此,研究人员采用了各种方法来降低干燥收缩率。一种是使用其他粘合剂,如石灰、硅灰和粉煤灰,而不是水泥,从而降低水化热以克服干燥收缩。另一种方法是增加沙子和其他骨料的用量以减少干燥收缩。此外,纤维还可以保持水分并延缓蒸发,从而有效控制干燥收缩。这主要是因为纤维的加入抑制了水泥基材硬化过程中失水造成的微小裂纹的不断扩大,有效地防止了新裂纹的产生,复合材料的抗干缩性显著提高。

(2) 吸附性和渗透性。吸水性和渗透性是泡沫轻质土壤的特征,与吸水有关,并且受孔隙数量和孔隙形态的影响最密切。吸水率随着更多的孔隙和相互连接的孔隙而增加。此外,矿物掺合料、水胶比和粘结剂类型也会影响泡沫轻质土的吸水率。研究学者指出,对于给定的泡沫含量,水泥-砂-粉煤灰混合物比水泥-砂混合物和纯水泥表现出相对更高的吸附性,因为它们需要更高的水-固条件来实现稳定和可操作的混合物。因此,吸水率按以下顺序降低:水泥-白粉煤灰>水泥-砂>水泥。

3.2 抗压性

抗压强度是泡沫轻质土作为快速道路路基材料最基本的力学性能。密度、水灰比、养护方法、土壤类型和泡沫的状态都会影响抗压强度。因此,研究这些因素对改善空气泡沫轻质土的性能至关重要。

密度是影响空气泡沫轻质土抗压强度的最直接因素。如果气泡之间的胶凝材料强度降低,则气泡轻质土的抗压强度也会降低。研究表明,当水泥砂比为0.5、水泥比为0.9时,密度为1100 kg/m³的轻质泡沫土的强度是密度为600 kg/m³的轻质泡沫土的2倍。

用于生产空气泡沫轻质土的土壤类型是影响空气泡沫轻质土抗压强度的另一个因素。一般来说,砂的强度高于粘土,细砂比粗砂具有更好的强度性能;此外,高岭土比膨润土具有更好的强度性能。此外,由于火山灰反应,火山灰材料作为骨料可以大大提高空气泡沫轻质土壤的强度。

孔隙结构是影响充气轻质土抗压强度的关键因素^[3]。与具有不规则边界或粗糙开口的气泡相比,具有均匀分布的球形气泡的空气泡沫轻质土壤具有更高的抗压强度。研究学者使用工业X射线扫描仪进行验证。研究表明,细砂比粗砂可以产生更均匀的气孔。

养护方法也是影响充气轻质土抗压强度的关键因素。标本应在20±2°C下用塑料薄膜密封28天,但据相关文献报道,为了获得所需的抗压强度,样品应在正常潮

湿空气中固化1天,然后在蒸汽中固化,温度应以 $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度增加并在 65°C 下保持4小时,然后在空气中冷却。学者指出制备和养护之间的温差是影响泡沫轻质土强度的主要因素,并报道了最佳温差应为 $5\text{-}7^{\circ}\text{C}$ 。

除了改变上述影响因素以提高泡沫轻质土的抗压强度外,一些研究人员还提出使用不同的纤维来加固空气泡沫轻质土。纤维的添加可有效降低微裂纹的伸长率,并在路基失效或者损坏时分散一定的外载荷,从而提高气泡轻质土的抗压性能。聚丙烯、玻璃、椰子、聚乙烯醇和洋麻纤维是最常用的纤维。研究表明,使用0.3%的聚乙烯醇纤维可以将 $1600\text{ kg}/\text{m}^3$ 的泡沫轻质土的抗压强度提高76%。另有研究学者也证明添加0.36%的椰子纤维可以增加 $1050\text{ kg}/\text{m}^3$ 的抗压强度,并且减少46%的泡沫轻质土壤。钢纤维也被用于加强轻质泡沫土壤。然而,通常不推荐使用钢纤维,因为它们的密度很高。目前,一些研究人员正在探索使用新型纤维。例如,使用废塑料纤维增强了泡沫轻质土壤的性能,使用废网作为增强纤维等等。这些方法减少了浪费,提高了泡沫轻质土的强度,一次解决了多个挑战,是后续开发的重要参考思路。

4 总结

本文总结了泡沫轻质土的材料组成和功能特性,介绍了其应用现状。空气发泡轻质土作为一种新型软土处理技术,比传统建筑材料更方便,已经应用于城市快速路工程施工中。作为道路填充材料,它具有较低的密度和良好的保温性能。此外,作为回填材料,它表现出更好的流动性和轻盈性。然而,由于其原材料成本高、制造设备短缺、环境适应性不确定、耐久性研究不足等问题,气泡轻质土技术的应用受到了很大限制。本文通过对城市快速路工程中泡沫轻质土路基施工的技术分析,以期推动该行业的快速发展作出一定贡献。

参考文献:

- [1]杨俊平.市政道路施工中软土路基处理技术的运用分析[J].中国建筑金属结构,2020(08):18-19.
- [2]姜伟军.轻质泡沫土在规划地铁上方填筑施工中的应用[J].建筑施工,2016,38(07):950-951+956.
- [3]吕秋丽,杨海华.不同土质孔隙结构特点及其毛细水上升规律分析[J].能源与环保,2019,41(05):102-106.