

高速公路工程中膨胀土路基的施工工艺探讨

何佰清

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆乌鲁木齐 830000

摘要: 膨胀土在高速公路工程中对设计和施工带来了很大挑战,若处理不当,会导致严重的工程质量问题。为此,必须在工程规划阶段对膨胀土的分布和特性进行详细调查,设计时采取合适的防治措施,确保道路结构的稳定性和耐久性。在膨胀土区进行高速公路施工时,合理选择土壤处理方法和设计方案是保证工程质量和长期稳定性的关键。本文结合高速公路工程中膨胀土路基的施工工艺进行分析,以供参考。

关键词: 高速公路;膨胀土;路基;施工工艺

一、高速公路工程膨胀土概述

膨胀土(又称膨胀性土或膨胀土壤)是一种特殊的粘土土壤,具有显著的体积变化特性,特别是在湿度变化时,膨胀土的体积会发生显著的变化。当膨胀土吸水时,它会膨胀;而在干燥时,则会收缩。这种特性使得膨胀土在工程中可能会引发严重的地基沉降、裂缝等问题,尤其是在高速公路和其他交通工程中。膨胀土主要由含有膨胀矿物(如蒙脱石、膨润土等)的粘土组成。膨胀土的膨胀性主要源自这些膨胀矿物的吸水特性。膨胀土吸水后,膨胀土体积增加,水分蒸发或土壤干燥时,体积则会缩小。这种体积变化可能导致地基不均匀沉降。膨胀土在干燥过程中会收缩,导致土体表面出现裂缝。膨胀土在湿润状态下具有较高的可塑性,容易塑形。

二、高速公路工程中膨胀土路基的施工现存问题

1. 膨胀土引起的不均匀沉降

膨胀土的最显著问题之一是它在水分变化下容易膨胀和收缩。当膨胀土层吸水时,它的体积膨胀,反之当水分蒸发或干燥时,它的体积会收缩。这种体积变化会导致路基产生不均匀沉降,进而对路面结构造成变形。尤其是大面积的膨胀土层,在没有得到有效处理时,沉降问题可能会更加严重,影响高速公路的使用寿命和安全性。膨胀土具有较高的可塑性,在湿润状态下容易发生变形。当膨胀土未经过充分的处理或改良时,它对路基的稳定性会产生不利影响。膨胀土的体积变化会导致路基的支撑力不足,出现不均匀的压缩和位移,进而可能引发路面不平、裂缝、沉降等问题,影响交通的顺畅

性和安全性。

2. 膨胀土的水分管理困难

膨胀土的膨胀和收缩过程与水分密切相关。因此,水分的控制和管理在膨胀土路基施工中变得尤为重要。然而,由于膨胀土广泛存在于多雨或季节性干湿交替的地区,控制土体水分变化非常困难。在高水位期,膨胀土可能吸水过多,导致膨胀;在干旱时期,土体又容易收缩,导致路基出现裂缝。因此,控制膨胀土的水分变化是一项挑战,往往难以做到长期稳定。虽然可以通过挖除膨胀土层、改良土壤(如石灰改良、灰土加固等)以及采用特殊的防水、排水措施来解决膨胀土带来的问题,在膨胀土较深的情况下,完全挖除膨胀土并替换成其他类型的土壤可能需要巨大的土方工程,增加了施工的成本和难度。虽然石灰、熟石膏等材料能有效改善膨胀土的性质,但其改良效果与土质的具体情况、改良深度和施工工艺密切相关,并且往往需要较长时间的养护来发挥效果。排水和防水技术可以减少膨胀土的水分波动,但在施工中实施这些措施时,可能会受到地形、地下水位等因素的影响,导致效果有限。

3. 施工进度的延误和成本增加

膨胀土问题需要特别的施工技术和处理措施,这通常会导致施工周期的延长和工程成本的增加。例如,膨胀土路基的改良、处理过程会需要额外的施工工序和材料,进而推迟项目进度。此外,对于膨胀土区的运输、土方和排水系统等基础设施的建设,也需要更多的时间和资源投入。在高速公路的设计阶段,需要对膨胀土的分布、性质、膨胀性等进行详细调查和分析。这对设计团队提出了较高的要求。未能准确预测膨胀土的分布或忽视膨胀土层的影响,可能导致后期施工中出现重大问

作者简介: 何佰清,1997-12-29,男,汉族,甘肃武威,本科,助理工程师,研究方向:公路桥梁

题,影响整个项目的安全性和稳定性。

4. 长期耐久性问题

即使通过短期的改良和处理解决了膨胀土的膨胀性问题,膨胀土对高速公路路基的影响仍可能在长期使用过程中逐渐显现。膨胀土层的处理效果可能随着时间推移逐渐减弱,尤其是在水文条件变化或气候变化的影响下,膨胀土的体积变化可能再次发生,导致工程的长期耐久性问题。处理膨胀土的施工需要具备一定的技术要求,如改良、加固技术、监测和排水系统设计等。然而,很多施工单位可能缺乏处理膨胀土的经验或专业技术人员,这可能导致施工质量和效果的不稳定,进一步加剧膨胀土问题。

三、高速公路工程中膨胀土路基的施工工艺

1. 膨胀土路基的调查与评估

在进行任何施工之前,必须对膨胀土区域进行详细的勘查与评估。通过钻探等方式采集膨胀土样本,进行实验室检测,以确定土壤的膨胀性、压缩性、可塑性等指标。分析膨胀土的矿物成分、结构、湿度等,评估膨胀土的膨胀特性,明确膨胀土的分布范围和深度。了解区域内的地下水位、降水量等,预测膨胀土的水分变化,帮助制定后续的施工与排水措施。

2. 膨胀土路基的处理方法

(1) 挖除膨胀土层与替换

当膨胀土位于较浅深度时,最直接且有效的方式是将膨胀土层完全挖除,并用稳定性较强的土壤或其他无膨胀性材料进行替换。此方法通过去除膨胀土的存在,消除了其引起的地基沉降、膨胀和收缩等问题,提供了稳定的地基条件。挖掘深度根据膨胀土的膨胀性及土层情况来决定,通常需要根据地质勘探报告来确定合适的深度。挖除膨胀土后,使用质量较好且无膨胀性的砂、碎石、石屑等材料进行填充。填充时要分层夯实,以确保材料密实,减少地基沉降。在替换过程中,也可以考虑排水措施,如设置排水层或进行排水管道的布置,以防止地下水对路基产生不利影响。通过彻底去除膨胀土,最大限度地消除膨胀性土壤的负面影响。相对简单直接,施工周期较短,效果显著。

(2) 土壤改良

对于膨胀土层较深或无法完全挖除的情况,土壤改良是一种有效的补救措施。土壤改良通过物理或化学手段减少膨胀土的膨胀性,从而提高土壤的稳定性和承载能力。石灰是一种常用的土壤改良剂,能与膨胀土反应,生成具有较强强度的化合物。石灰可以有效减少膨胀土

的膨胀性,同时增加土壤的强度。通常,石灰的加入量和混合方法需要根据具体的土壤类型和膨胀性来确定。水泥与膨胀土的混合可提高土壤的强度,减少其膨胀性。水泥改良在实际应用中通常用于较深的膨胀土层,尤其是在无法完全挖除的情况下。使用高分子材料、聚合物等特殊化学稳定剂,可以通过改变膨胀土的结构,减少其膨胀性。这些化学稳定剂通常通过添加到膨胀土中,经过混合与固化后,改善土壤的物理性质。通过土壤勘察,评估膨胀土的膨胀特性,并根据需要选择适合的改良剂,如石灰、水泥或聚合物。改良剂应与膨胀土进行均匀混合,常见的方法是使用搅拌机进行深层搅拌。搅拌后,需进行充分的固化,确保改良效果。改良后的土壤应进行检测,确保其膨胀性得到了有效抑制,并达到设计要求的强度。适用于膨胀土层较深且无法完全挖除的情况。相比挖除和替换土壤,成本相对较低,施工时间较短。可以在现有土层基础上改良,避免了大规模的土方工程。

(3) 水泥处理

水泥处理是一种常见的地基处理方法,尤其适用于膨胀土层较浅且承载力不足的情况。其基本原理是通过向膨胀土中加入适量的水泥,借助水泥与土壤中的矿物质反应,形成结晶结构,从而增加土体的密实性和强度。水泥处理可以有效改善膨胀土的物理力学性质,抑制其膨胀性,使土壤在湿润条件下不再发生明显膨胀或收缩现象。适用于浅层膨胀土,需要改善土体的承载力和稳定性的情况。提高土壤的承载能力和抗压强度;控制膨胀土的变形,减少沉降;较为经济且施工简便。通常将水泥与膨胀土按一定比例混合,可以通过搅拌或喷洒的方法进行处理,确保水泥均匀分布在土体中。

(4) 防水与排水措施

膨胀土的膨胀性与水分变化密切相关,因此,防止水分渗透和提供有效的排水系统对于维持膨胀土的稳定性和至关重要。通过在膨胀土路基表面铺设防水膜或防水层,能够有效阻止水分渗透进土体。防水膜或防水层的设置可以有效减少水分进入膨胀土层,从而减少土体膨胀的风险。常见的防水材料有防水土工布、沥青防水层、PVC膜等。防水层不仅可以避免水分渗透,还能减少因水分蒸发而引起的土壤干裂。为了保持膨胀土湿度的稳定,设置排水系统是至关重要的。排水系统有助于将积水及时排出,防止水分滞留在膨胀土层中。在膨胀土层下设置排水管道或排水层,帮助水分从土体中排出;设置渗水层,通过自然渗透的方式将水分导出土体;使用

透水性较好的材料作为路基的基底层，促进水分的流动与排放。

3. 膨胀土路基的施工工艺

(1) 分层压实

分层压实的基本原理是在每一层土体上使用机械设备进行压实，使得土体的密度和强度得到提高。通过逐层压实，土壤的整体稳定性增强，减少了由于水分变化或外力作用导致的沉降、变形和膨胀。在采用分层压实之前，通常会先进行膨胀土的改良或替换，如使用水泥、石灰等改良土壤或将膨胀土层挖除并用无膨胀性的材料填充。每一层的厚度需要控制在一定范围内，一般为15-30cm。具体厚度根据土壤类型、土质情况以及压实设备的能力来确定。使用压路机、振动压实机等机械设备对每一层进行压实。振动压实机可以有效提升压实效果，尤其在膨胀土这种疏松土层中，能够使土壤的密实度大幅度提高。压实时，要确保每一层的均匀性，避免出现松散或未压实的区域，特别是在膨胀土层中，这些松散的区域可能成为沉降和膨胀的源头。每一层压实完成后，需要进行密实度检测，通常使用标准贯入试验（SPT）或其他适当的压实检测方法，确保每层的密实度达到设计要求。若某一层的密实度未达到要求，可以适当增加压实次数或调整压实机械，以达到理想的效果。每一层土体的密实度提高，能显著增加路基的承载能力，避免因承载力不足导致的路面沉降。压实的土层结构紧密，减少了孔隙空间和空气，降低了水分变化引起的膨胀和收缩变形。无论是改良后的膨胀土，还是替换后的土壤，分层压实方法均可适用，并能根据不同土质进行调整。使用机械设备进行压实，可以大幅度提高施工效率，尤其是在大面积的膨胀土路基工程中，能够有效加快施工进度。

(2) 养护与检测

膨胀土在改良后，尤其是采用了水泥、石灰等改良材料处理的土壤，在养护过程中能够得到更好的固化与稳定。改良后的膨胀土需要一定时间来固化和稳定，养护过程中能够帮助其固结强度的提高。膨胀土对水分非常敏感，过多或过少的水分都可能影响改良效果，因此控制养护期间的湿润度是至关重要的。如果养护期过短，可能导致改良土的强度和稳定性不足，从而影响整个路基的性能。在膨胀土的养护过程中，保持适当的湿润度是最重要的任务之一。水分不足时，改良效果可能不能完全显现，甚至可能引发裂缝和强度下降；而水分过多则可能导致土体松散或产生其他不良反应。在养护期间

应保持土体的湿润，可以通过喷洒水或覆盖防水布来调节水分，避免土体干裂。虽然需要保持一定湿润度，但要防止土体积水，这样可能导致水泥等改良材料的溶解，影响改良效果。为了减少水分蒸发，可以在土体表面覆盖湿布、草帘或其他材料，保持适宜的湿度。通过标准贯入试验（SPT）、核反射法等手段检测每一层土体的压实度。确保改良后的土层密实且具有足够的承载力，避免存在松散层导致不均匀沉降。定期检测土壤的含水量，确保土体的水分保持在最佳范围内。含水量过高或过低都可能影响膨胀土的膨胀性和稳定性。定期对改良后的土壤进行抗压强度、抗剪强度等物理力学性质的测试，确保其达到设计要求。例如，通过不固结单轴压缩试验（UCS）来评估水泥土的强度。

4. 路基施工的质量控制

在施工过程中，定期对土壤的膨胀性、压实度和含水量等进行检测，确保土壤处理效果。施工过程中要确保采用正确的施工方法，避免不当施工对路基产生不良影响。施工完成后，应根据环境条件进行适当的养护，确保膨胀土路基在长期使用中的稳定性。对膨胀土区域进行详细的土壤调查，评估膨胀土的特性，并根据具体情况设计合适的处理方案。根据土壤性质和深度选择合适的方法，包括挖除替换、土壤改良、水泥处理等。对处理后的土体进行分层压实，确保路基的稳定性。设置排水系统和防水措施，减少水分波动对膨胀土的影响。进行施工质量检测 and 养护，确保施工质量达到标准。

结束语

综上所述，膨胀土在高速公路路基施工中的影响是不可忽视的，但通过科学的施工工艺、合适的处理方法和严格的质量控制，可以有效降低膨胀土对道路负面影响。施工过程中的每个环节都需要高度重视，以确保工程的长期稳定性和使用安全。

参考文献

- [1] 徐虎. 高速公路膨胀土路基施工的现状与对策. 黑龙江交通科技, 2016 (01)
- [2] 柳玉发. 膨胀土路基施工要点分析. 河南建材, 2010 (01)
- [3] 刘美良. 膨胀土路基处理措施及效果分析. 西部探矿工程, 2004 (01)
- [4] 张梁. 公路膨胀土路基施工技术分析. 运输经理世界, 2022 (31)