

道路路基设计中不良地质对路基的影响及处理措施分析

吴通善

中物联规划设计研究院有限公司

摘要:在道路路基设计领域,不良地质条件是影响路基稳定性和耐用性的重要因素。本研究针对三种典型不良地质条件——膨胀土、崩塌碎落、淤泥质黏土,其中,膨胀土因其膨胀性黏土矿物而影响路基的承载力和稳定性;崩塌碎落地区的路基面临着物理破坏和阻塞风险;淤泥质黏土则因其高压缩性和水敏性对路基构成威胁。本研究提出地基改良、结构加固和排水设计等针对这些不良地质条件的处理措施,旨在提高路基稳定性及安全性。

关键词:道路路基设计;不良地质;影响;处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.104

引言

在现代道路建设中,路基设计是确保道路整体稳定性和使用寿命的关键环节,其需要承受交通载荷和环境变化带来的各种应力。然而,在实际工程实践中,路基设计和施工常常面临各种不良地质条件的挑战,不良地质条件可能导致路基的承载力下降、结构稳定性降低,甚至可能引发安全问题。因此,深入研究不良地质对路基的影响以及开发有效的处理措施,对于提高道路工程质量及安全性具有重要意义。

一、道路路基设计中不良地质对路基的影响

(一) 膨胀土对路基的影响

1. 膨胀土不良地质简述

膨胀土也称作收缩-膨胀土壤(图1),其中含有大量蒙脱石等膨胀性黏土矿物。这种土壤的最大特点是在吸收水分时膨胀,在失去水分时收缩,此种体积变化主要由于其黏土矿物在水分变化时,其内部结构发生改变所致。膨胀土在全球范围内广泛分布,其在潮湿条件下较软,在干燥条件下则拥有较强硬度。



图1 膨胀土表面

2. 膨胀土对路基的影响

膨胀土的体积变化可导致路基发生不均匀沉降,从而影响路面的平整性和稳定性。具体而言,湿季土壤膨

胀可能导致路面隆起,干季土壤收缩则可能导致路面沉降或裂缝。针对强度而言,膨胀土在潮湿条件下的强度较低,可能导致路基承载能力不足,从而影响路基的整体结构完整性。同时,膨胀土对水分变化非常敏感。在暴雨或洪水期间,膨胀土吸水后会迅速膨胀,增加路基不稳定性。此外,由于膨胀土导致的路面不均匀沉降和裂缝,道路的维护成本可能会显著增加^[1]。

(二) 崩塌碎落对路基的影响

1. 崩塌碎落不良地质简述

崩塌碎落是指由于自然因素或人为活动导致的山体、岩石或土体的不稳定和破坏,进而引起的物质下落现象。此种地质现象通常发生在陡峭的斜坡、峭壁或裂缝发育的岩石区域。在崩塌碎落发生区,地质结构通常较为复杂,岩石和土壤的稳定性较差。区域内的土壤和岩石可能会因为自然侵蚀、水文变化或者重力作用而发生移动或下滑。在遇到强降雨、地震或人为振动等外部扰动时,原本不稳定的斜坡可能会发生崩塌,导致大量土石松动甚至坍塌,如图2



图2 崩塌碎落不良地质表面

2. 崩塌碎落对路基的影响

崩塌碎落可能直接影响到路基的稳定性,在山区或丘陵地区的道路建设中,崩塌所产生的巨大冲击力和土石堆积可能导致路基结构受损,甚至出现路面断裂。同时,崩塌碎落物可能堵塞道路影响交通流畅性,甚至造成交通事故。因此在崩塌碎落易发区建设和维护道路,需要更频繁地监测、维护工作,以及在发生崩塌后的清理、修复工作,进而增加道路维护成本。此外,在崩塌碎落区施工,需要采取设置防护网、加固斜坡等额外安全措施和防护工程,此类措施不仅增加工程成本,同时增加了施工风险。

(三) 淤泥质黏土对路基的影响

1. 淤泥质黏土不良地质简述

淤泥质黏土广泛分布于河流、湖泊、沼泽和海洋等近水域环境,此种土壤由细小的黏土颗粒和有机质组

成,特点是含水量高、密度低、渗透性差。由于其细小的颗粒尺寸和高比表面积,淤泥质黏土具有较高的塑性和粘聚性^[2]。在地质学上,淤泥质黏土通常形成于静水环境,其环境条件有助于细颗粒的沉积和有机质的积累。淤泥质黏土的主要物理特性是低承载能力和高压缩性,使得其在承受重载时容易产生大的沉降量。

2. 淤泥质黏土对路基的影响

由于淤泥质黏土的低密度和高压缩性,其承载能力较低,对路基的稳定性构成挑战。在淤泥质黏土区域建造路基时,可能需要额外的地基加固措施,以提高其承载能力。同时,淤泥质黏土在重载作用下容易发生不均匀沉降,可能导致路面不平整、裂缝或其他结构损伤。此外,淤泥质黏土对水分变化非常敏感,在雨季和干季交替时,其体积和强度的波动可能导致路基结构不稳定。

二、道路路基设计中不良地质路基的处理措施

(一) 膨胀土路基的处理

路段一的设计环境位于膨胀土广泛分布区域,区域内的土壤具有显著的膨胀和收缩性质,其膨胀土层厚度不均,平均在1-3m之间,而在某些局部区域,膨胀土层的厚度甚至可达到5m。该地区气候干旱,年降水量仅为200-300mm,导致地下水位较低,平均深度在15-20m。上述地质和气候条件共同作用于路基设计,使得路段一面临着路基稳定性和耐久性的双重挑战。

1. 替换与隔离处理

膨胀土路基的处理流程细致而全面,主要分为三个阶段:膨胀土的移除、替换材料的选择与铺设,以及隔离层的设置。在移除阶段,项目团队通过详细的地质勘察,确定膨胀土层的分布厚度平均在1-3m之间,局部区域甚至达到5m。根据这些数据,技术人员可以采用大型挖掘设备,按照预定的深度和范围进行土壤挖除,确保膨胀土被完全清除,避免后期结构稳定性受影响。在替换材料的选择上,考虑到路段一的特殊性,可选择砂石和无机质土壤作为替换材料。此类材料具有良好的排水性和稳定性,能有效提高路基的承载力。砂石的粒径分布可选择在5-20mm之间,以确保足够的紧密度和稳定性,而无机质土壤则选择低盐分含量,以防止盐分迁移^[3]。在铺设过程中,替换材料按照设计厚度均匀铺设,通常在1-2m厚,通过重型压实设备进行压实,确保材料密实、稳固。为防止盐分从旧土层迁移到新铺设的材料中,项目可采用土工布作为隔离层。土工布的选择考虑到其优良的防渗性和抗拉强度,能有效隔绝盐分的上升。具体而言,技术人员可在新填料与原土之间铺设一层高强度土工布,厚度一般为0.5-1.0mm,强度指标为15-20KN/m,从而在保证隔离效果的同时,避免对路基的整体稳定性造成负面影响。

2. 土壤改良处理

针对路段一膨胀土地处理可应用土壤改良技术,此技术旨在减少土壤中的盐分含量并提高其抗压强度。在

路段一中,平均膨胀性黏土矿物含量在5%-10%之间。基于这些数据,可选择石灰和石灰石粉作为主要的化学改良剂。石灰的选用基于其能有效降低土壤的可塑性和液限,同时提高土壤的承载力。而石灰石粉则用于微调土壤的pH值,帮助减少盐分的有害影响。在路段一中,石灰的加入量可设置在土壤重量的2%到5%之间,而石灰石粉则在1%到3%。这一配比能够有效改良土壤,同时不会引入过多外部物质,影响土壤原有特性。在改良剂的混合和施工过程中,技术人员需要使用专业的土壤搅拌设备,将改良剂均匀地混入土壤中,混合深度一般控制在膨胀土层的全厚度(1-3m),确保改良剂能够充分与土壤接触并发挥作用。搅拌后,土壤需要进行适当的养护,通常为几天到一周,有助于改良剂与土壤的充分反应和稳定。

(二) 崩塌碎落路基的处理

路段二位于地质活跃区,区域内地壳运动频繁,产生大量崩塌碎落土。此处土质以砾石和碎石为主,粒径分布极不均匀,直径范围从几mm到数十cm不等。地表覆盖层平均厚度大约在4-6m,地下水位相对较高,平均水位在5m以下。

1. 加固与锚定

路段二位于地质活跃区,使得传统的路基稳定措施难以适用,因此需采用特殊的加固与锚定技术。在加固过程中,技术人员需着重提高土壤的整体稳定性和承载力。此处,采用植筋技术是一种有效方法。在具体施工过程中,技术人员需要将钢筋或其他加固材料垂直插入土层中,以增强土壤的结构强度。考虑到路段二的特殊土质,选择的植筋材料需要具有较高的抗腐蚀性和强度。例如,可以使用直径为25mm、长度为1.5至2.5m的不锈钢筋,此类植筋应按照每平方米4至6根的密度均匀分布,以确保整个加固区域的稳定性。在锚定技术的应用方面,锚杆作为有效的地质加固方法,可以稳定潜在的滑坡和崩塌区域^[4]。在路段二中,使用的锚杆应具有足够的长度和直径,以渗透和稳定深层土壤。通常,锚杆的直径可选在32-40mm之间,长度根据地层深度和稳定需求确定,一般在5-10m之间。锚杆应采用高强度钢材制成,并在外层涂覆防腐层,以适应高湿度和不同化学成分的地下环境。在安装锚杆时,首先需要钻孔至预定深度。考虑到路段二的地质条件,钻孔的直径可设定为锚杆直径的1.5-2倍。钻孔后,需要将锚杆插入并用水泥浆固定,水泥浆的比例可设计为水泥:水=1:0.5。此外,为确保锚杆与周围土壤之间的美好黏合,可在水泥浆中添加适量的硅砂或飞灰等添加剂,以提高其流动性及黏结强度。

2. 应用土工合成材料

考虑到路段二地质活跃区的特殊土质,土工合成材料的应用成为其关键策略。土工格栅和土工网等合成材料在增强土体的力学性质、防止土壤的进一步破碎和下沉方面发挥着重要作用,此类材料能够有效分散荷载,

同时能够提高路基承载能力和整体稳定性。在土工合成材料的选择方面，考虑到路段二土质的特点，推荐使用高强度、高模量的土工格栅。此类格栅通常由聚酯或聚丙烯制成，具有良好的耐久性和抗拉伸能力。具体而言，技术人员可以选用具有50kN/m至100kN/m拉伸强度的聚酯土工格栅，此种格栅的网孔尺寸约为30-50mm，能够有效地与碎石和砾石层相互锁定，从而增强土壤结构。在施工过程中，首先需要进行土层的预处理，移除松散和不稳定的表层土壤。然后，将土工格栅铺设在经过处理的土层上^[5]。铺设时需保持格栅的平整和紧密，避免产生褶皱和空隙。铺设完成后，覆盖一层厚度约为15-30cm的碎石或砾石，以形成稳定的支撑层。支撑层的材料应选择粒径在20至50mm之间的碎石，以确保良好的排水性和承载力。在此基础上，可以考虑使用土工网来进一步稳定路基。土工网由高密度聚乙烯或聚丙烯材料制成，具有较高的抗压和抗剪切强度。在路段二中，适合使用的土工网应具有至少30kN/m的抗拉伸强度，并将其在碎石层上方铺设，旨在分散上层荷载，减少土壤下沉及移动。完成土工材料的铺设后，应在顶部覆盖一层由更细粒的砂石材料组成的保护层，厚度可为10-20cm。

（三）淤泥质黏土路基的处理

路段三的设计区域主要由淤泥质黏土组成，此种土壤以其高塑性和低渗透性而闻名。区域内淤泥质黏土层的平均厚度约为2-4m，含水率通常在40%-60%之间。淤泥质黏土的特性向路基稳定性及抗压强度提出挑战，同时影响排水设计的有效性。

1. 预压排水处理

面对路段三淤泥质黏土路基的特殊挑战，预压排水技术被选为首选处理方法。在路段三的设计区域，淤泥质黏土的平均厚度约为2-4m，含水率通常在40%-60%之间。预压排水的目的是通过施加荷载，加速土体中水分的排出，从而提高土体的稳定性和承载力。在路段三中，考虑到淤泥质黏土的高含水率和低渗透性，可选择使用土工排水板来加快排水速度。具体而言，土工排水板可选择厚度在1-2cm、具有高密度聚乙烯材质的排水板。随后，技术人员需要在路基表面预定的工作区域平铺一层土工排水板以确保覆盖整个待处理的淤泥质黏土层。在路段三中，排水板的铺设间隔可控制在每隔1-2m一排，以保证排水效率。土工排水板辐射完毕后，即可施加荷载。在路段三中，可使用沙袋或预制混凝土块作为荷载，将其均匀分布在排水板上。荷载的大小根据土壤的物理特性和深度来确定，一般为100-200kg/m²。此阶段旨在通过荷载施加的压力，促进淤泥质黏土中水分的排出。预压过程中，技术人员应定期监测土体的沉降和水分含量。在路段三中，沉降量的监测使用精密的水平仪和沉降板进行，每隔一定时间（如每周）记录一次数据。当沉降速率减缓至每天几mm或更低时，表明大部分可排水的水分已经排出，此时可以逐步移除荷载。

2. 土体置换处理

针对路段三深层的淤泥质黏土可采取土体置换处理方法，此种方法涉及移除不稳定的淤泥质黏土，并用砂石或其他稳定材料替换，以提高路基的整体稳定性。在具体实践中，技术人员需首先进行土体勘探和分析，以确定淤泥质黏土的分布、深度和物理特性。路段三淤泥质黏土的平均厚度为2-4m，含水率在40%-60%之间。基于这些数据，技术人员可制定土体置换的具体方案，明确需要置换的土层厚度和范围。方案确定后，可进行淤泥质黏土的挖除工作。路段三设计人员可使用重型挖掘设备，按照预定的深度和范围进行土壤挖除。挖除深度根据地质调查结果和工程需求确定，通常为整个淤泥质黏土层的厚度（2-4m）。淤泥质黏土挖除工作后，技术人员需选择替换材料。考虑路段三具体情况，可选择砂石作为主要的替换材料。砂石具体良好的排水性和高稳定性，能够显著提高路基的承载力和稳定性，其粒径分布可选择在5-20mm之间，以确保足够的紧密度和稳定性。为确保替换材料的质量，技术人员需在此过程中针对砂石进行严格的质量控制和检测^[6]。在此基础上，技术人员需铺设替换材料。在路段三中，砂石按照2-4m设计厚度均匀铺设，以完全覆盖原有的淤泥质黏土层。铺设过程中，需要使用重型压实设备进行压实，确保材料密实、稳固。铺设完毕后，技术人员需对替换后的路基进行测试和评估，明确其承载力和稳定性。通常而言，经有效土体置换处理后，路基稳定性均能够得到显著提高，满足设计要求。

结束语

综上所述，道路路基设计中的膨胀土、崩塌碎落和淤泥质黏土等不良地质条件，对路基的稳定性和功能性构成了显著的威胁。通过本研究提出的地基改良、施工技术优化、结构加固等针对性处理措施，可以有效改善这些不良地质条件对路基的影响，从而提高路基的稳定性和耐久性。随着材料科学和工程技术的进步，更为高效的路基处理技术将有望进一步发展，为道路建设和维护提供更加可靠的解决方案。

参考文献

- [1] 冯帆. 公路路基不良地质处理与分析[J]. 交通科技与管理, 2022(009): 000.
- [2] 吴进. 不良地质路段和特殊未路基处理方法研究[J]. 产品可靠性报告, 2023(5): 82-83.
- [3] 高永强. 高速公路路基路面病害分析与处治[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4): 4.
- [4] 刘硕. 不良地质条件下的路基滑坡稳定性分析及治理措施[J]. 交通世界, 2023(1): 164-166.
- [5] 杨斐斐. 不良地质路段和特殊路基处理方法分析[J]. 新疆有色金属, 2022(003): 045.
- [6] 任天宏. 公路工程软土路基的设计处理分析[J]. 交通科技与管理, 2021, 000(020): P. 1-2.