

高速公路湿陷性黄土路基病害及防治措施研究

赵睿龙

新疆兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]湿陷性黄土是指在特定的湿润条件下, 土体发生较大变形、强度显著降低的土壤类型。高速公路路基的稳定性和安全性对于交通运输系统的正常运行至关重要, 而湿陷性黄土常常导致高速公路路基出现严重病害, 如沉降、裂缝, 甚至局部塌陷等, 影响道路的耐久性和行车安全。高速公路路基所受湿陷性黄土工程特性影响, 引发路基病害。文中深入剖析了病害成因、主要症状及其危害, 并就材料改良、排水系统强化、路基改良技术等方面提出了预防策略, 综合性的防治策略显著降低湿陷性黄土路基病害的发作风险, 确保了高速公路的平稳运行。

[关键词]高速公路; 湿陷性黄土; 路基病害; 防治措施; 沉降; 裂缝

DOI: 10.33142/ec.v7i12.14556

中图分类号: U41

文献标识码: A

Research on the Diseases and Prevention Measures of Collapsible Loess Subgrade in Highways

ZHAO Ruilong

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Collapsible loess refers to a soil type in which the soil undergoes significant deformation and strength reduction under specific wet conditions. The stability and safety of highway subgrade are crucial for the normal operation of transportation system, and collapsible loess often leads to serious diseases such as settlement, cracks, and even local collapse of highway subgrade, affecting the durability and driving safety of the road. The engineering characteristics of collapsible loess affect the subgrade of highways, causing subgrade diseases. The article deeply analyzes the causes, main symptoms, and hazards of diseases, and proposes prevention strategies for material improvement, drainage system strengthening, and roadbed improvement technology. Comprehensive prevention and control strategies significantly reduce the risk of occurrence of collapsible loess roadbed diseases, ensuring the smooth operation of highways.

Keywords: highways; collapsible loess; roadbed diseases; preventive measures; settlement; crack

引言

随着中国高速公路网络的快速发展, 湿陷性黄土作为一种常见的土壤类型, 其对路基的影响日益引起关注。黄土高原及周边地区分布着大量具有显著湿陷性的黄土, 此类黄土路基在水分波动影响下, 易发生显著沉降, 进而引发道路裂缝、塌陷等病害, 对交通安全与道路运行造成严重影响。路基的湿陷性黄土病害, 不仅破坏了路面的平坦, 亦有可能触发交通意外, 抬升了养护的投入, 极端情况下, 更可能迫使道路全面停用^[1]。在路基工程中, 对湿陷性黄土的病害进行深入研究, 其重要性不言而喻, 以湿陷性黄土的工程特性为基点。本论文深入剖析其在湿润环境中的病害发生原理, 同时审视高速公路路基在湿陷性黄土地带的建设现状, 进而提出了一系列有效的防治策略, 对湿陷性黄土路基病害的成因与防治策略进行研究与梳理, 旨在为相同地质条件下的路基工程提供借鉴, 并为高速公路建设与养护技术的提升贡献理论依据。

1 湿陷性黄土的特性及其对路基的影响

湿陷性黄土是一种具有特殊物理性质的土壤, 主要分布在中国的黄土高原地区, 尤其是在陕西、甘肃、宁夏、山西等地。这种土壤由于含有丰富的可溶盐类物质, 具有

较强的湿陷性, 即在湿润条件下, 黄土的体积会显著减小, 发生沉降、变形。湿陷性黄土具有较高的孔隙率和较低的干密度, 土壤颗粒结构松散, 因此在遇到水分时, 颗粒之间的吸引力降低, 土体会发生显著的压缩变形。这种湿陷性特征对于高速公路建设尤其具有挑战性。

湿陷性黄土的属性, 对高速公路路基的稳固力度有着决定性影响。在湿润环境下, 黄土吸水后, 其体积缩小, 路基承载力随之降低, 这往往引发路基沉降与裂缝等一系列问题, 路面的病害不仅影响了其平整度, 抬高了养护的开支, 更可能引发交通事故, 对行车安全构成威胁。对于具有湿陷性的黄土路基而言, 施工阶段必须采纳特定的技术手段, 包括土壤改良与加固等, 以保障其结构稳定性^[2]。

路基所受湿陷性黄土的诸多作用, 显现出多维度效应, 湿陷性黄土因其沉降速度迅猛且沉降幅度较大, 往往诱发路面产生不均匀沉降, 进而引发裂缝。路基在承载交通荷载时, 湿陷性黄土因其强度不足, 易于引发路基的变形, 进而导致路面损害。路基若遇湿陷性黄土, 排水不畅的问题不容小觑, 水分淤积将加剧路基湿陷, 进而诱发严重病害, 建设高速公路于湿陷性黄土地带, 需密切关注土壤属性, 并采纳相应防治策略。

2 高速公路湿陷性黄土路基病害的表现与危害

高速公路上,湿陷性黄土路基的病害诸如沉降、裂缝及塌陷等现象屡见不鲜,此类问题严重干扰了道路的正常运营及安全性能。在湿陷性黄土路基上,沉降作为一种普遍的病害现象,尤其在遭遇降水或长期湿润气候的条件下,其湿陷性特征更为显著,进而引发路面出现显著的沉降问题。路面沉降不仅会对平整度产生影响,而且可能造成路面与路肩之间高度的不一致,进而产生潜在的交通安全风险。路基所采用的湿陷性黄土,其土层发生湿陷变形,往往引发路面裂缝问题^[3]。

在黄土路基湿陷性尤为显著的区域,塌陷成为一类极其严重的路基病害现象。受湿陷作用影响,土体发生显著变形,交通荷载与水分共同作用下,土体强度持续降低,局部路段可能遭遇沉降或坍塌,极端情况下甚至引发道路部分损坏或交通中断,交通路途上的塌陷现象,不仅带来高昂的修复开销,而且对道路通行造成显著阻碍,使得交通管理和运营面临沉重的压力。道路设施遭受病害侵袭,不仅其自身结构遭受损害,亦可能对交通安全构成极大隐患,车速因沉降、裂缝、塌陷等病害而降低,事故风险随之上升,病害一旦发生,便需巨额资金投入以进行修复及养护工作。

3 湿陷性黄土路基病害的形成机制

湿陷性黄土路基病害的形成机制是一个复杂的过程,涉及土壤特性、气候变化、交通荷载等多方面因素。湿陷性黄土的特性是其病害形成的根本原因。黄土在自然状态下,其颗粒间的吸力较强,土体呈现松散状态。但一旦吸水后,土粒之间的吸引力减弱,颗粒开始发生滑动,导致土体发生压缩变形。这种湿陷性特征使得黄土在湿润条件下表现出较强的湿陷性,当水分渗透进入土壤时,土壤体积极小,强度下降,形成沉降、裂缝等病害。

病害在湿陷性黄土路基的形成过程中,受到气候因素的决定性影响。在降水丰沛的季节,湿陷性黄土对水分的波动尤为敏感,吸水后湿陷现象显著,路基内部一旦遭遇雨水浸入,湿陷性黄土的压缩变形将愈发严重,进而诱发路基沉降与裂缝,气候因素如干湿循环与季节性降水,导致湿陷性黄土变形,进而诱发路基病害。路基病害的形成,湿陷性黄土路段尤为明显,其诱因之一便是交通荷载作用,路基在高速公路承受的交通荷载压力下,特别是在湿陷性黄土区域,土体强度不足,受到荷载影响,易于产生塑性变形,从而诱发沉降或裂缝。交通流量逐日攀升,荷载作用持续增强,进而导致湿陷性黄土路基变形愈发严重^[4]。

路基病害的形成,尤其是湿陷性黄土路基的病害,其成因亦与排水系统紧密相关,路基若排水不畅,水分持续积聚,将加剧土壤湿陷,从而提升沉降与裂缝发生的概率。针对湿陷性黄土地区建设的高速公路,务必高度重视排水工程布局,保证水分能够迅速被排出,以此降低土壤的湿

陷性变形风险。

4 湿陷性黄土路基病害的防治措施

4.1 改善黄土路基材料的选择与处理技术

改善黄土路基材料的选择与处理技术是解决湿陷性黄土路基病害的重要策略之一。在黄土高原地区,湿陷性黄土的土质特点使其在湿润条件下发生沉降、裂缝等病害,严重影响高速公路的安全性和稳定性。因此,合理选择适合的路基材料并进行有效的处理,成为确保路基长期稳定的重要手段。在材料选择上,可以通过优化土壤的配比,选择粒径适中的砂土、砾石等材料,增强路基的稳定性。例如,采用砂石混合料,可以有效提高路基的承载力,减少湿陷性黄土的沉降和变形。

黄土处理技术,作为一项关键性的应对策略,其优化与提升至关重要。黄土改良技术,如石灰稳定法、膨润土改良法及水泥改良法等,通过添加适量的稳定剂,对黄土的土壤结构进行改变,进而提升其抗湿陷性能。黄土与石灰稳定法中的水分发生反应,进而强化了土壤颗粒间的稳定性,显著降低了土体的湿陷性;土壤改良法,特别是膨润土改良,通过增强土体的黏聚力,有效抑制了土壤吸水后的形变,黄土通过水泥固化法的应用,其物理特性得以改变,进而有效抑制了变形与沉降。路基的稳定性与抗湿陷能力,深受黄土路基材料选取及处理技术的影响,科学甄选适配材料,并借助改良技术予以加工,不仅能够显著降低湿陷性黄土对路基的损害,更有利于保障公路的持久运行。

4.2 强化路基排水系统的设计与施工

路基排水系统的设计及其施工,作为防治湿陷性黄土路基病害的重要一环,起着至关重要的作用。在湿陷性黄土地带,因黄土本身的高含水量特性及显著湿陷性,水分在路基内部的长时间滞留,常成为诱发路基沉降及裂缝等病害的关键因素,有效构建排水体系,显著减少水分在路基的滞留,进而有效遏制湿陷性黄土路基病害的滋生。路基的纵向与横向,均需细致考量排水系统之设计,务必使水分得以迅捷离析于路基外,渗水层与排水管道协同运作,纵向排水效果显著,路基下层管道布局,确保水流无阻。通过设计路肩坡度,实现横向排水,有效防止水分在路基内部积聚,确保水流沿着道路两侧顺畅排出^[5]。

施工阶段对排水系统施以严格质量把控,务求管道接口牢固对接,排水结构免遭损害,进而维系整体系统的高效运行。在特定区域实施,多层排水技术等增强型排水策略,显著提升路基的排水效能。若湿陷性黄土路基已建成,一旦排水系统出现不畅,必须迅速实施修复策略,强化排水系统效能,以防止水分积聚加剧路基损害。实施路基排水系统的设计与施工,不仅能够有效预防湿陷性黄土的湿陷变形,同时也能降低水分对路基的侵蚀,从而保障高速公路的稳定与安全。

4.3 采用加固与改良技术的防治方法

运用加固与改良技术,是应对湿陷性黄土路基病害的有效策略之一,特殊土壤特性的湿陷性黄土在遇水情况下,将产生体积收缩与沉降现象,进而对路基的稳定性及其使用寿命产生负面影响。针对黄土路基,采用加固与改良技术,是降低湿陷性病害影响的切实方法,黄土的承载力和稳定性通过地基加固法、深层搅拌法、预压加固法等加固技术的应用,得以显著提升^[6]。采用地基加固技术,注入化学稳定剂或运用机械加固装置,此举措旨在提升土体结构的稳定性,进而降低湿陷性黄土的形变风险。采用机械搅拌的深层搅拌法则,水泥与石灰等材料与黄土交织,塑造出高强度复合土层,有效增强路基的承载性能,路基施加外部压力,预压加固法则得以实现,该法则使得土体得以提前沉降并固结,从而显著提升其稳定与强度。

对黄土实施改良,该技术显现出卓越的防治效能,采用石灰、膨润土及水泥等改良措施,旨在提升黄土的物理力学特性,并抑制其在潮湿环境下的形变趋势。运用石灰改良技术,促使石灰与黄土相互作用,进而生成水合物,从而显著提升土体的粘聚性和结构稳定性;通过引入膨润土改良法,对土体进行改良,有效提升其塑性与抗渗透性能,从而降低湿陷变形风险;实施水泥改良,依托于水泥的化学作用,有效提升土壤的坚实性与紧密度,从而遏制土壤湿陷变形现象。对黄土路基实施加固与改良技术,显著提升了其稳定性和抗湿陷能力,有效遏制了湿陷性病害的发生,保障了道路的持续安全运行^[7]。

4.4 地基处理与加固措施的实际应用

地基处理与加固措施在湿陷性黄土路基病害防治中的实际应用是至关重要的。随着湿陷性黄土路基病害问题的日益严重,各种地基处理和加固措施被广泛应用于高速公路的建设与维修中,取得了良好的效果。地基处理措施通常包括换填法、注浆加固法和深层加固法等。这些措施能够有效地增强土体的承载力和稳定性,防止湿陷性黄土在受荷作用下发生沉降和裂缝。换填法通过将原土层挖除,替换成高强度的土壤或工程材料,直接提高路基的稳定性。注浆加固法则通过注入化学浆液,使浆液与土壤充分反应,形成固结的加固层,增强土体的抗压能力和抗湿陷性。深层加固法通过使用机械搅拌装置,将外加材料与黄土充分混合,形成深层加固土层,显著提高黄土的抗压强度和稳定性。

路基建设领域广泛采纳加固措施,而该措施亦能应用

于已呈现病害的路段的修复过程,路段若出现沉降、裂缝等病害,采用注浆加固与石灰水泥拌和等手段,强化路基结构,提升其承载能力,进而遏制病害的持续恶化。在具体实施过程中,需综合考虑各地区的土壤特性与气候状况,进而选取适宜的地基处理与加固技术。在黄土高原地带,将本土的土壤改良技艺,诸如膨润土、石灰等改良剂,与既有的加固手段融合,构筑出层次丰富、综合性的加固策略,黄土路基稳定性显著提升,湿陷性病害减少,道路使用安全得以保障,得益于地基处理与加固措施的实际应用。在湿陷性黄土地区,高速公路的建设与维护工作,其关键在于合理运用地基处理与加固技术^[8]。

5 结语

总体而言,高速公路湿陷性黄土路基病害的防治是一个系统工程,涉及土壤改良、排水设计、加固技术等多个方面。随着湿陷性黄土病害防治研究的不断深入,未来可能会出现更多先进的技术手段和解决方案,帮助工程师更好地应对这一挑战。为了确保高速公路建设的质量与安全,进一步优化湿陷性黄土路基的防治措施,仍然是一个值得持续研究和改进的重要课题。

[参考文献]

- [1]霍敬德.高速公路湿陷性黄土路基病害及防治措施研究[J].北方交通,2024(10):58-61.
 - [2]安然.极端降雨条件下湿陷性黄土地区公路路基变形机理研究[D].重庆:重庆交通大学,2024.
 - [3]李敬德.复杂条件下湿陷性黄土路基不均匀沉降控制技术[D].河北:石家庄铁道大学,2020.
 - [4]薛世雨.高速公路湿陷性黄土路基填筑的施工技术研究[J].河南建材,2020(1):21-22.
 - [5]董永超.宁夏地区湿陷性黄土路基处理及监测技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2018.
 - [6]许勇.某高速公路湿陷性黄土路基沉陷病害旋喷桩防治技术研究[J].山西交通科技,2018(4):9-12.
 - [7]赵兴华.浅析湿陷性黄土地区路基典型病害及防治措施[J].黑龙江科技信息,2017(3):272-274.
 - [8]刘锦玮.高速公路湿陷性黄土路基病害类型及处理措施分析[J].现代工业经济和信息化,2015,5(15):70-71.
- 作者简介:赵睿龙(1983.10—),毕业院校:河南城建学院,所学专业:工程管理,当前工作单位:新疆兵团交通建设有限公司,职称级别:高级工程师。