

Research on geotechnical anchoring technology in highway slope treatment

Shouji Liao

Jiangxi GEO-Engineering Group Corporation Limited, Nanchang, Jiangxi, 330029, China

Abstract

With the gradual extension of highway construction projects towards complex geological areas, the problem of highway slope stability has become increasingly prominent. In order to better improve the quality of highway engineering, engineers and technicians need to control the problem of highway slope through scientific anchoring technology. Among them, geotechnical anchoring technology has become the key technical means of slope treatment because of its high adaptability. This paper explores the technical means of geotechnical anchoring in highway slope treatment, and analyzes the corresponding technical points and various quality control measures, hoping to provide some research help for the continuous innovation and development of highway engineering technology, so that the construction industry will usher in more modern reform and development.

Keywords

geotechnical anchorage technology ; highway slope management ; application research

岩土锚固技术在公路边坡治理中的探究

廖守吉

江西省地质工程集团有限公司, 中国 · 江西 南昌 330029

摘 要

随着公路建设工程逐渐向着复杂地质区域的延伸,其公路边坡稳定的问题日益突出,为了更好的提升公路工程质量,需要工程技术人员通过科学的锚固技术对公路边坡的问题进行治理,而其中的岩土锚固技术因其较高的适应性成为了边坡治理的关键技术手段。本文就对岩土锚固在公路边坡治理中的技术手段展开探究,并对相应的技术要点与其各项质量控制措施进行分析,希望能够对公路工程技术的不断创新发展提供一定的研究帮助,让建筑行业迎来更加现代化的改革发展。

关键词

岩土锚固技术; 公路边坡治理; 应用探究

1 引言

公路边坡的稳定性直接关系到交通基础设施的安全运营,近年随着山区高速公路的快速发展,边坡失稳引发的滑坡崩塌等灾害频发,传统支挡结构已难以满足复杂地质条件下的治理需求。岩土锚固技术通过主动加固岩土体,充分发挥岩土自身强度,具有施工灵活且存在经济优势的问题,逐渐成为边坡治理的核心技术之一。然而当前锚固技术在设计施工中仍存在参数选择盲目且长期耐久性不足等问题,此类问题都需要得到进一步的改善。

2 岩土锚固技术在公路边坡治理施工要点

2.1 钻孔

在公路边坡治理工程中,岩土锚固技术的钻孔施工环节涉及多个技术要点:施工前工程技术人员要结合边坡治理

设计方案与现场地质勘察数据,综合考虑地层结构以及地下水条件等因素,科学确定每个钻孔的具体位置深度与倾角直径等参数。在坡面上进行精确测量放样后,应采用醒目的标记进行标识,同时做好施工记录,对于地质条件复杂的区域要采用地质雷达等先进探测手段进行补充勘察,以便及时发现潜在的不良地质情况并调整钻孔布置方案;作业场地必须进行充分的压实处理,确保钻机能够稳定作业,场地表面坡度应控制在 2% 以内,同时要设置完善的排水系统,利用环形排水沟或集水井等设施防止雨水积聚影响施工^[1]。根据施工规范要求,作业平台的宽度应不少于 4 米,从而满足钻机操作的空间需求,还能保证施工材料运输通道的畅通;操作人员必须严格按照规程安装钻机,确保钻机底座稳固可靠,在安装时要使用水平仪等仪器反复校核钻机的水平及垂直度,确保立轴与钻杆的倾角完全一致且处于同一轴线上。对于倾斜钻孔,还需要设置专门的导向装置,保证钻孔轨迹的准确性,建议在正式开钻前进行试运转,检查各部件的工作状态是否正常;钻进过程操作人员必须严格按照操作规程

【作者简介】廖守吉(1987-),男,中国江西赣州人,硕士,高级工程师,从事岩土工程研究。

作业,根据不同的地层条件实时调整钻进参数,在软土地层中应适当降低转速,而在硬岩地层则可适当提高,此外还要特别注意控制钻进速度,避免因进尺过快导致卡钻或埋钻事故,同时对于可能发生的孔内事故要提前制定应急预案,并配备必要的处理工具。

2.2 锚杆安装

工程技术人员必须严格按照设计图纸进行锚杆制作,在制作过程中要特别注意对中支架的焊接质量,通常采用 $\phi 6.5\text{mm}$ 钢筋制作,间距控制在1.5-2.0m之间,以此来确保锚杆能够准确位于钻孔中心位置,对于自由段及锚固段的分界处也要采取可靠的隔离措施,防止注浆时浆液渗入自由段影响其变形性能。所有钢丝或钢绞线在使用前必须进行严格检查,对于轻微锈蚀的杆体要采用机械除锈或化学除锈方法进行处理,直至露出金属光泽;自由段杆体必须采用高质量的塑料套管进行包裹,套管接头处要采用专用胶带密封,防止地下水渗入;锚固段与自由段的连接部位应采用绑扎铁丝牢固固定,并做好防腐处理。在安装过程中,施工人员要特别注意保护杆体,要利用专门的吊装设备进行安装,保持杆体平稳下放,并且注浆管应随锚杆一起放入孔中,管端距孔底的距离严格控制在50mm左右,确保注浆时能够充分排出孔内空气与积水。而对于深度较大的钻孔,则需利用分段安装的方法,每下放2-3m检查一次杆体的对中情况。

2.3 注浆

注浆材料的配制是保证注浆质量的首要环节,工程中主要采用水泥砂浆作为注浆材料,其配比需根据现场试验确定,通常采用0.5~1.5的灰砂比以及0.38~0.50的水灰比进行配制,在特殊地质条件下可适当掺入外加剂以改善浆液性能。对于普通硅酸盐水泥,建议选用P.O42.5及以上标号;砂料应采用中细砂,细度模数控制在2.3~3.0之间,含泥量不超过3%^[2]。在配制过程中,要严格控制投料顺序及其搅拌时间,一般先加入70%的水再加入水泥和砂,最后加入剩余的水与外加剂,搅拌时间不少于3分钟。对于注浆设备来说,常压注浆通常采用活塞式或螺杆式砂浆泵,其工作压力应能达到1.0MPa以上,排量不小于50L/min。施工前要对注浆设备进行全面试运转,确保管路畅通且压力表工作正常,注浆导管宜采用耐压橡胶管或钢管,内径不小于25mm,长度应比钻孔深度长1~2m。所有设备都要清洗干净,防止杂质混入浆液影响质量。

2.4 张拉与锁定

施工前必须对张拉设备进行全面检查,确保千斤顶、油泵及压力表等设备工作正常且计量准确,同时要检查承压板与锚具等部件的安装质量,确保各部件紧密贴合。在正式张拉前,应先对锚杆施加10%设计锚固力的预加载,以此来消除锚杆系统中各部件之间的初始间隙,使锚杆体锚具及承压板达到紧密接触状态,为后续准确测量张拉伸长量奠定基础。预加载后应保持荷载稳定1-2分钟,在此期间检查各

部件是否存在异常变形或位移,根据规范要求锚固体与承台混凝土的强度达到15MPa以上时才能进行张拉作业。此强度要求可以通过同条件养护的混凝土试块抗压试验确定,对于重要工程还应进行现场强度检测,过早张拉可能导致锚固体破坏或混凝土承压面压碎,过晚则可能影响工程进度,并且在特殊气候条件下还要适当延长养护时间或采取保温措施确保强度发展。

3 边坡治理工作中岩土锚固技术的应用分析

3.1 支挡作用

传统重力式挡土墙的施工工艺相对简单,主要依靠结构自重来抵抗土压力,其材料选择多样化,可采用浆砌石或加筋土等多种形式,为工程设计提供了较大的选择空间。然而此类支挡形式存在明显的缺陷,由于其支挡效果完全依赖于结构自重,导致断面尺寸较大,材料用量多,因而在经济性方面存在不足,并且在地形陡峭或空间受限的场地,挡土墙的施工往往面临巨大困难,尤其是在软弱地基或地震活跃区域,重力式结构更易发生整体滑移或倾覆破坏。整体来说,单纯依靠重力式挡土墙难以满足稳定性要求,往往需要设置多级挡墙,如此一来既增加了工程量,又影响了边坡的整体稳定性^[3]。

而岩土锚固技术在支挡作用方面则表现出了巨大的技术优势,其核心机理是通过预应力锚杆将潜在滑体与稳定岩土体紧密连接,充分利用深层岩土体的自身强度来维持边坡稳定。主动加固的方式与传统的被动支挡有着本质区别,锚固系统通过施加预应力,能够有效改善边坡的应力状态,提高岩土体的抗剪强度,并且锚固结构对地形条件具有极好的适应性,无论是陡峭岩壁还是软弱土坡,都能通过调整锚固参数来实现有效支护,此外锚固工程所需的材料用量远少于重力式结构,特别适用于运输困难的山区工程,它还可以与其他支挡措施灵活组合,形成复合支护体系,满足各种复杂工况的需求。

3.2 预应力锚固技术的应用

预应力锚固技术的基本原理是利用高强度锚固材料对潜在不稳定岩土体施加持续压应力,从而改善岩土体的力学性能,在各类工程应用场景中,预应力锚固技术都展现出了卓越的适应性。对于高陡岩质边坡,通常采用高强度钢绞线锚索配合钢筋混凝土格构梁的组合支护方案,某水电站工程就采用了设计荷载2000kN的1860级预应力锚索,使其边坡位移控制在设计允许范围内;在土质边坡治理中,全长粘结型预应力锚杆与土工合成材料的联合使用取得了良好效果,某高速公路边坡工程就利用了此组合方案,使边坡安全系数从1.05显著提升至1.35;对于正在发生滑移的应急抢险工程,可快速施工的自钻式预应力锚杆表现出了独特优势,某滑坡治理工程在72小时内完成300根锚杆施工,成功遏制了滑坡的进一步发展^[4]。而在技术创新方面,近年来

预应力锚固技术也取得了多项突破,智能监测锚索集成了光纤传感技术,实现了预应力变化的实时监测;在防腐技术方面,环氧涂层钢绞线配合注浆防腐和PE套管的三重防护体系,将锚索的设计使用年限延长至100年;此外绿色施工技术也取得了一定进展,新型低噪声钻机与无尘注浆工艺使施工噪声控制在65分贝以下,满足了城市环境的严格要求。

4 提升岩土锚固技术质量的有效措施

4.1 二次劈裂灌浆

通过高压注浆方式对已完成初次注浆的锚固段实施二次劈裂灌浆,使浆液在高压作用下沿着地层薄弱面扩散渗透,最终形成直径显著扩大的不规则锚固体。二次劈裂灌浆技术要求严格的质量控制流程,初次注浆应采用水灰比0.4-0.45的纯水泥浆,注浆压力控制在0.5-1.0MPa,确保形成完整的初始锚固体。待初次注浆体强度达到5MPa后方可进行二次劈裂灌浆,二次注浆需采用专用高压注浆设备,注浆压力应分级施加,初始压力控制在1.5-2.0MPa,最终压力根据地质条件可达2.5-4.0MPa。注浆过程中要密切监测注浆压力变化,当出现压力骤降或注浆量异常增加时,应立即停止注浆并分析原因^[5]。注浆材料宜采用添加膨胀剂加减水剂的特种水泥浆,水灰比控制在0.35-0.4之间,以此来确保浆液的后期强度。某高速公路边坡加固工程的数据显示,采用二次劈裂灌浆技术后,锚杆极限抗拔力从原来的350kN提高到520kN,增幅达48.6%。

4.2 锚注结合

锚注结合技术的应用能够同时发挥锚杆的加筋作用及注浆的改良作用,形成“1+1 > 2”的复合加固体系,其形成了系统化的工艺质量控制标准。在施工前技术人员需进行详细的工程地质勘察,重点查明岩土体的结构特征与其地下水状况。钻孔作业应采用跟管钻进工艺,孔径一般不小于100mm,钻孔偏斜度控制在1%以内。注浆材料通常采用水灰比0.4-0.5的纯水泥浆,根据需要可添加速凝剂或膨胀剂

等外加剂,注浆压力要按照地质条件分级控制,初始压力为0.3-0.5MPa,终压可达1.0-2.0MPa,并且锚杆安装应在注浆体初凝前完成,预应力施加宜采用分级张拉工艺。

4.3 改变锚杆(锚索)结构

通过优化锚杆(锚索)结构设计可有效改善锚固技术应用中的各项问题,对于防腐问题,采用单孔多锚头防腐型预应力锚索,通过环氧树脂涂层钢绞线及HDPE套管等构成的多重防护体系,使锚索在腐蚀环境中的使用寿命延长至100年以上;针对荷载超限问题,通过扩大钻孔直径至150-200mm,延长锚固段长度至8-12m,同时采用扩孔技术形成葫芦串状锚固体以等综合措施,可使单根锚索的设计荷载从1500kN提高到2500kN;对于粘结力不足问题,采用设置多个承载体及添加膨胀剂的单孔复合锚固结构等方式,可使其粘结强度比传统锚杆提高45%。

5 结语

综上所述,岩土锚固技术在公路边坡治理中展现出显著的技术优势,其通过锚杆与岩土体的协同作用,有效抑制了边坡变形。随着智能监测技术与新型锚固材料的应用,边坡治理的精准性将进一步提升,本研究可为类似工程提供借鉴,但也呼吁行业关注锚固结构的长期性能评估,以此来推动公路边坡治理技术的可持续发展。

参考文献

- [1] 王港.矿山岩土工程边坡治理的岩土锚固技术研究[J].中国金属通报,2024,(10):47-49.
- [2] 刘鑫.岩土锚固技术在公路边坡治理中的实践探索[J].汽车周刊,2024,(08):243-245.
- [3] 庞鸿.岩土锚固技术在岩土工程边坡治理中的应用分析[J].工程技术研究,2024,9(13):75-77.
- [4] 贾艾忠.岩土锚固技术在公路边坡治理中的应用[J].交通世界,2024,(14):75-77.
- [5] 王瑞忠.岩土锚固技术在公路边坡治理中的应用研究[J].运输经理世界,2020,(13):128-129.