

软土层中内锚段扩孔压力分散型锚索技术研究与应用

蒋鑫 陈志辉 朱平 李雄
湖南省地质地理信息所 湖南 长沙 421000

【摘要】：软土地区深基坑支护及边坡加固工程中，预应力锚索技术应用广泛。然而，传统拉力型锚索在软土层中锚固力不足、承载力利用率低等问题突出。本文针对软土层特性，提出一种内锚段扩孔压力分散型锚索技术。该技术通过内锚固段扩孔工艺与压力分散型锚索结构相结合，提高锚固力，分散锚固应力，有效解决软土层锚固难题。本文详细阐述了该技术的原理、特点、适用范围及工艺流程，并结合实际工程案例，验证了其在提高锚固力、改善应力分布、增强防腐耐久性等方面的优势。

【关键词】：软土；预应力锚索；压力分散型锚索；内锚段扩孔

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.068

1 引言

随着城市建设的快速发展，深基坑工程和边坡加固工程日益增多，尤其是在沿海及内陆湖泊周边软土分布区域。软土具有高含水量、高压缩性、低强度、低渗透性等特点，给基坑支护和边坡加固带来极大的挑战。预应力锚索作为一种重要的支护结构，在软土地区得到了广泛应用。然而，传统的拉力型锚索在软土层中存在诸多问题：一是软土强度低，锚固力难以满足工程需求；二是锚固段应力集中，易发生渐进性粘脱破坏，导致锚固力损失；三是软土腐蚀性强，锚索的耐久性面临严峻考验。

针对上述问题，国内外学者和工程技术人员开展了大量的研究和实践。常用的软土加固方法包括地基处理、化学加固等，但这些方法往往成本较高，施工周期较长，且对环境可能造成影响。近年来，压力分散型锚索技术因其能更有效地利用土体强度，分散锚固应力而备受关注。

本文在总结国内外研究成果的基础上，结合软土层特性，提出一种内锚段扩孔压力分散型锚索技术，旨在提高软土层中预应力锚索的锚固力，改善锚固段应力分布，增强锚索的防腐耐久性，为软土地区基坑支护和边坡加固工程提供一种新的解决方案。

2 技术原理

内锚段扩孔压力分散型锚索技术是将内锚固段扩孔工艺与压力分散型锚索结构相结合的一种新型锚索技术。该技术通过扩孔增加锚固段与土体的接触面积，提高锚固力；通过压力分散型锚索结构分散锚固应力，避免应力集中；并通过特殊的防腐措施提高锚索的耐久性。锚索构造见图1所示，其核心原理主要包括以下几个方面：

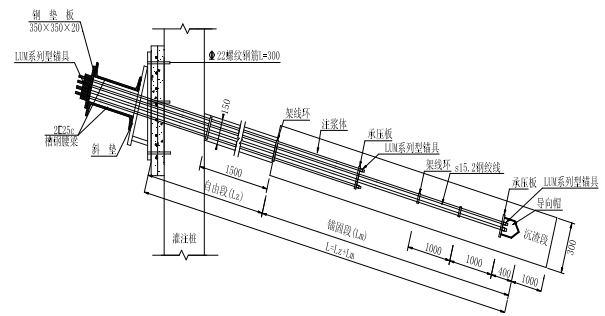


图1 压力分散型锚索构造详图

2.1 成孔及扩孔原理

传统的拉力型锚索通常采用一次性成孔，孔径较小，锚固段与土体的接触面积有限，难以发挥软土的承载力。内锚段扩孔压力分散型锚索技术采用分步式成孔方式成孔。首先，采用全套管跟管钻进工艺成孔，套管作为护壁，有效防止软土孔壁坍塌，确保成孔质量；然后利用专用扩孔机具对锚索内锚固段进行扩孔，增加锚固段孔径，从而显著增大锚固段与土体的接触面积。扩孔的直径和长度可根据土层参数进行调整，实现针对性扩孔；成孔、扩孔后，采用高压水泥浆冲洗锚索孔，清除孔内泥土和杂物，确保注浆效果。随后，进行常压灌浆，支撑锚索孔壁，防止坍塌，并初步加固锚索孔周边土体。

2.2 锚固支护原理

传统拉力型锚索的锚固段受力极不均匀，锚固段近端应力集中，易发生渐进性粘脱破坏，导致锚固力损失。压力分散型锚索通过在锚索孔内不同深度处分散布置多个单元锚固段，共同承担锚索总的锚固力。各个单元锚固段通过承载体将无粘结锚索的拉力转化为对锚固段注浆体的压力，从而将锚索总的锚固力以压力形式分散作用于不同深度的岩土体上。

与拉力型锚索相比，压力分散型锚索沿锚固长度上的应力分布更加均匀，避免了应力集中现象，提高了土体强度的利用率，能够在同等条件下提供更大的锚固力。

内锚段扩孔进一步增大了锚固段注浆体的直径，增加了锚固段与土层的接触面积，从而显著提高了锚索总锚固力。

2.3 拉压力转换作用原理

压力分散型锚索的核心在于将锚索的拉力转化为对土体的压力。该技术通过外锚头的张拉施力,将拉力首先传递至锚索锚固段各个分散的承载体上。承载体通过P型锚(或其他形式的锚具)将钢绞线的拉力转为压力,传到承压板上。承压板再将压力传到其附近的水泥浆体上,使水泥浆体受压,产生微压缩膨胀和压缩变形,最终将此应力传递到锚索孔孔壁附近的土体上,使其承受剪力。

内锚固段扩孔增大了锚固段各个分散的承载体的承载能力,使其能承受更大的拉力,从而使承压板获得更大的压力,进一步提高锚固力。

2.4 注浆加固土层原理

内锚段扩孔压力分散型锚索技术采用初次注浆(常压灌浆)和二次注浆相结合的方式,对锚索孔周边土层进行加固。

初次注浆(常压灌浆):在成孔、扩孔后进行,主要目的是支撑锚索孔壁,防止塌陷,并初步加固锚索孔周边土体。

二次注浆(加压注浆):在植入锚索后进行,采用高压注浆,将水泥浆液注入土层,使土层中的部分颗粒在水泥浆液和土压力的作用下固结形成水泥胶结石,从而进一步加固和稳定锚索孔周边土层,提高锚索的锚固力。

2.5 防腐耐久性原理

软土地区地下水丰富,腐蚀性强,对锚索的耐久性提出了更高的要求。内锚段扩孔压力分散型锚索技术采取了一系列防腐措施,提高锚索的耐久性:

无粘结锚索:采用无粘结预应力钢绞线,避免钢绞线与浆体相互粘结,降低了钢绞线的腐蚀风险。

隔离管保护:在锚索自由段靠孔口位置安装PC隔离管,防止锚索与锚梁混凝土直接接触,减少腐蚀。

注浆保护:通过二次注浆,水泥浆液填充锚索孔,形成保护层,隔离地下水对钢绞线的侵蚀。

由于压力分散型锚索预应力筋全长均为无粘结的自由张拉段,不存在自身筋材与浆体相互粘结的锚固段,因此在对锚索钢绞线采用各种防腐保护措施的同时不会影响到锚索自身的传荷作用,从而使压力分散型锚索非常适用于地下水丰富、防腐要求较高的锚固工程。

3 技术特点

高锚固力:通过内锚固段扩孔,增加锚固段与土体的接触面积;通过压力分散型锚索结构,分散锚固应力,避免应力集中,从而显著提高锚索的锚固力。

良好的应力分布:压力分散型锚索结构使锚固段应力分布更加均匀,避免了应力集中现象,提高了土体强度的利用率。

适应性强:可根据实际土层参数情况,通过调整扩孔直径、注浆压力、浆液配比等参数,实现针对性设计和施工,适应不同类型的软土层。

施工便捷:采用全套管跟管钻进工艺,有效解决软土层成孔难题;采用专用扩孔机具,操作简单,效率高。

耐久性好:采用无粘结预应力钢绞线、隔离管保护、注浆保护等多重防腐措施,提高锚索的耐久性。

经济性好:无需对软土土层进行特殊的加固处理,能更有效地发挥土体的承载力,具有较好的经济性;对场地要求不高,只需在场地内即可施工。

4 技术适用范围

软土地区深基坑支护工程:用于粘土、软粘土、粉土、淤泥质黏性土、淤泥质粉土等湖相沉积软土地区的深基坑支护,提供有效的锚固力,保证基坑的安全稳定。

边坡加固工程:用于软土边坡的加固,提高边坡的稳定性,防止滑坡等地质灾害发生。

防腐要求较高的锚固工程:尤其适用于地下水丰富、腐蚀性强的软土地区,提供耐久可靠的锚固支护。

5 工艺流程

5.1 测量、定位孔位

根据设计图纸,采用全站仪在基坑坑壁或边坡表面准确测放、定位锚索孔位,并用红油漆标记。调整、校核孔位,并将孔位偏差控制在+50mm之内。

5.2 架立钻机

将锚索钻机架设于坚实地面。对于软弱地面,在锚索钻机底部铺设砖渣及垫板。根据锚索设计角度调整钻机倾角,确保钻孔方向符合设计要求。

5.3 采用锚索钻机全套管跟管钻进锚索孔

启动锚索钻机,采用全套管跟管钻进成预应力锚索孔,成孔过程中如遇障碍采用冲击破障,掌握预应力锚索成孔时套管的中心度,防止套管偏斜;锚索倾角误差控制在1度以内,保证锚索孔深度达到设计要求,注意锚索孔深度应大于等于设计深度值50cm。

在采用锚索钻机全套管跟管钻进成锚索孔后,验收锚索孔成孔质量,检查锚索孔的深度、偏斜度。若锚索孔的深度、偏斜度不符合要求,需重新选取锚索孔孔位、补充成孔,并对已施工的不合格锚索孔进行注浆封堵加固处理。

5.4 内锚固段扩孔

将专用扩孔机具放入锚索孔内,对锚索的内锚固段进行扩孔,按设计要求采用专门机具对锚索孔的内锚固段进行扩孔,直至内锚固段孔径达设计要求孔径为止。

扩孔过程中,操作手应密切关注土层力学性能状态,准确辨认土层,当发现与地质勘察报告严重不相符情况时,应及时报告相关单位和人员,及时采取调整扩孔孔径或其他处理措施。

5.5 高压水泥浆洗孔

采用高压水泥浆冲洗锚索孔,高压水泥浆压力控制在1.0MPa左右,水泥浆水灰比0.5~0.7。高压水泥浆冲洗锚索孔的结束标准,以水泥纯浆流出锚索孔口为止。

5.6 常压灌浆

将注浆管插入锚索孔底部,采用灌浆泵通过注浆管对锚索孔进行常压灌浆。注浆材料采用P.O42.5普通硅酸盐水泥浆液,浆液配比根据土层情况调整,注浆压力为0.2~0.4MPa,注浆至水泥纯浆流出锚索孔口,达到设计注浆量或达到设计压力保持20min。

5.7 植入锚索体

在浆液初凝前,立即采用倒悬穿索法安装锚索,利用索体自身重力顺势将锚索缓缓滑送至孔底,植入锚索时,钢绞线尾部应固定,以防止整束钢绞线产生滑脱。

5.8 二次加压注浆

采用止浆袋封闭锚索孔口,并采用灌浆泵通过注浆管对

锚孔进行加压二次注浆。注浆材料采用P.O42.5普通硅酸盐水泥浆液,浆液配比根据土层情况调整,注浆压力为6.0-10.0Mpa,注浆至水泥纯浆流出锚索孔口,达到设计注浆量或达到设计压力保持20min。

5.9 浆体养护

加压二次注浆施工完成至少7天,注浆体强度达到设计要求的85%以上方能进行锚索张拉。

5.10 张拉锁定

张拉加载方式:采用分级加载方式,分五级进行张拉,即设计荷载的25%、50%、75%、100%、110%。在张拉最后一级荷载时,应持荷稳定10~15min后卸荷锁定。在锚索张拉到位后经稳压锁定、并经检查验收合格后,即可采用专用砂轮切割机切除多余的钢绞线。

6 结论与展望

本文提出了一种内锚段扩孔压力分散型锚索技术,并对其原理、特点、适用范围及工艺流程进行了详细阐述。通过理论分析和工程案例表明,该技术具有提高软土层中预应力锚索的锚固力、改善锚固段应力分布,避免应力集中、增强锚索的防腐耐久性等优势。

参考文献:

- [1] 曹福林,李义强,李永钊.压力分散型热熔可回收锚索技术原理与工程应用分析[J].低碳世界,2021,11(11):51-52.
- [2] 王清标,张聪,王辉,等.松散破碎岩体锚固与监测技术应用研究[J].防灾减灾工程学报,2014,34(06):771-777.
- [3] 梁伟,欧孝夺.压力分散型预应力锚索技术在某滑坡治理工程中的应用[J].广西城镇建设,2007,(07):46-48.
- [4] 李海民,牙举鹏,张日亮,等.压力分散型锚索技术在复杂岩土体工程中的应用[J].工程质量,2021,39(04):79-82.