

水利水电工程施工中的地基处理技术与实践

杜元昊 王鑫源

信阳市大禹水利工程有限责任公司 河南 信阳 464000

摘要: 水利水电工程作为重要的基础设施,对保障国家水资源利用、防洪减灾和能源供应起着关键作用。地基处理是水利水电工程施工中的关键环节,其质量直接影响工程的稳定性、安全性和耐久性。本文详细探讨了水利水电工程施工中常见的地基类型及特点,分析了不良地基对工程的影响,并介绍了多种地基处理技术及其应用实践,为类似工程提供参考。

关键词: 水利水电工程;地基处理技术;不良地基;工程实践

引言

水利水电工程是国家基础设施的重要组成部分,其建设对于保障国家水资源安全、促进经济发展和改善民生具有重要意义。地基作为水利水电工程的基础,承受着上部结构的全部荷载,其质量直接关系到工程的安全性、稳定性和耐久性。然而,由于水利水电工程往往建设在地质条件复杂的地区,如山区、河流沿岸等,地基可能存在各种不良地质问题,如软土、可液化土、岩溶等,这些问题给地基处理带来了极大的挑战。因此,研究水利水电工程施工中的地基处理技术具有重要的现实意义。

1 水利水电工程地基处理技术

1.1 换填法

换填法作为地基处理中较为传统且应用广泛的技术手段,其核心原理在于将地基下层那些潮湿、松软且性能不佳的土层彻底清除,随后填入具备抵抗永久变形能力、性能稳定的优质材料,并经过充分压实,以达到改善地基性能的目的。该方法尤其适用于浅层软土地基的处理场景。从工程实践优势来看,换填法具备工期短、造价低廉以及操作简单等诸多特点。以堤防施工为例,在实际施工过程中,可依据具体地质条件选用碎石、水利碎渣等材料进行垫层换填。对于软土地基,采用砂石实施垫层换填具有显著效果^[1]。一方面,能够有效增强水利工程软土地基的负荷能力,使其能够承受更大的上部荷载;另一方面,在换填过程中,砂石垫层对软土产生挤压作用,促使软土中的水分被挤出并排出,随着时间的推移,软土逐渐形成凝固状,进一步提高了地基的稳定性。然而,换填法也存在一定的局限性。例如,对于深层软土地基,由于需要清除的土层厚度较大,换填工程量巨大,不仅会增加施工成本和工期,还可能对周边环境造成较大影响。此外,换填材料的选用也至关重

要,若材料质量不达标或与原地基土的适配性不佳,可能导致换填后地基的性能无法达到预期效果。

1.2 排水固结法

排水固结法是针对饱和软粘土地基的一种有效处理技术。其基本原理是通过设置竖向排水体(如砂井、塑料排水板等)和水平排水垫层,构建一个高效的排水系统,加速地基土的排水固结过程,从而提高地基的强度和稳定性。在排水固结过程中,施加预压荷载是关键环节。预压荷载可以使地基土中的孔隙水在压力作用下加速排出,土体逐渐固结,抗剪强度随之逐渐提高。以某水利水电工程为例,在该工程中采用堆载预压法处理软土地基。施工前,根据工程地质勘察报告和设计要求,合理布置砂井和水平排水垫层。施工过程中,按照预定的加载方案逐步施加堆载荷载,并定期监测地基的沉降量和孔隙水压力变化。经过一段时间的预压,地基的沉降量明显减小,承载能力显著提高,达到了预期的处理效果。排水固结法的优点在于能够有效改善饱和软粘土地基的性能,提高地基的承载能力和稳定性,减少后期沉降。但该方法也存在一些不足之处,例如施工周期较长,需要较长时间的预压过程才能达到理想的固结效果;同时,预压荷载的施加需要精确控制,若加载过快或过大,可能导致地基土发生破坏;此外,排水系统的设置也需要较高的施工精度,否则可能影响排水效果。

1.3 振冲法

振冲法是一种利用振冲器的高频振动和高压水流对地基土进行处理的技术。在施工过程中,振冲器产生的高频振动使地基土振密,同时高压水流使土体局部液化。随后,在振冲器水平振动力作用下,向孔内回填碎石等粗颗粒材料,形成碎石桩。这些碎石桩与原地基土共同组成复合地基,从而提高地基的承载能力和抗液化能力。该方法适用于处理砂土、粉土、粉质粘土、素填

土和杂填土等地基。以某河流沿岸的软土地基处理为例,该地区软土地基存在承载能力低、易液化等问题。采用振冲法形成碎石桩复合地基后,通过现场试验和监测发现,地基的强度和稳定性得到了有效提高,沉降量明显减少。同时,碎石桩还起到了排水通道的作用,加速了地基土的排水固结过程。振冲法的优点在于施工速度快、处理效果好,能够有效提高地基的承载能力和抗液化能力。但该方法也存在一些局限性,例如对于含有大量块石、漂石的地基,振冲器的施工可能会受到限制;此外,振冲法施工过程中产生的振动和噪音可能对周边环境造成一定影响,需要采取相应的防护措施。

1.4 灌浆法

灌浆法是将水泥浆液、粘土浆液或其他化学浆液通过钻孔灌入地基的裂隙、孔隙或土体中,与土体发生化学反应或物理作用,形成结石体,从而提高地基的强度、抗渗性和稳定性。该方法适用于处理岩石地基、砂土地基、软土地基等多种地基类型。在某水利水电工程的岩石地基处理中,采用了固结灌浆法。施工前,根据岩石的裂隙发育情况和工程要求,合理布置钻孔。施工过程中,通过钻孔将水泥浆液灌入岩石裂隙中,浆液在裂隙中逐渐凝固,与岩石形成一体,增强了岩石的整体性和强度,提高了地基的承载能力。同时,灌浆法还可以用于处理砂土地基和软土地基^[2]。在砂土地基中,灌浆可以填充砂粒间的孔隙,提高砂土的密实度和强度;在软土地基中,灌浆可以改善软土的物理力学性质,提高其抗剪强度和抗渗性。灌浆法的优点在于适用范围广、处理效果好,能够根据不同的地基类型和工程要求选择合适的浆液和灌浆工艺。但该方法也存在一些缺点,例如灌浆施工需要较高的技术水平和施工精度,若操作不当可能导致浆液扩散不均匀、灌浆效果不佳;此外,灌浆材料的选择和配比也需要严格控制,否则可能影响灌浆体的质量和性能。

1.5 强夯法

强夯法是利用重锤自由下落产生的强大冲击能对地基土进行强力夯实,使土体孔隙压缩,土体局部液化,在夯击点周围产生裂隙,形成良好的排水通道,加速土体的固结,从而提高地基的强度和承载能力。该方法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。在某大型水利水电工程中,采用强夯法处理场地地基。施工前,对场地进行了平整和清理,确定了夯击点布置和夯击能等参数。施工过程中,按照预定的夯击顺序和次数进行夯击,并实时监测夯沉量和地面隆起情况。经过强夯处理后,地

基的承载能力显著提高,沉降量明显减小,满足了工程的设计要求。强夯法的优点在于施工设备简单、施工速度快、处理效果好,能够有效提高地基的强度和承载能力。但该方法也存在一些局限性,例如对于饱和软粘土地基,强夯可能无法达到理想的处理效果,甚至可能导致土体产生“橡皮土”现象;此外,强夯施工过程中产生的振动和噪音较大,对周边环境的影响较为明显,需要采取相应的防护措施^[3]。

1.6 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是利用钻机把带有喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后,以高压设备使浆液或水成为 20 - 40MPa 的高压射流从喷嘴中喷射出来,冲击破坏土体,同时钻杆以一定速度渐渐向上提升,将浆液与土粒强制搅拌混合,浆液凝固后,在土中形成一个圆柱状固结体(即旋喷桩),以达到加固地基或止水防渗的目的。该方法适用于处理淤泥、淤泥质土、流塑、软塑或可塑粘性土、粉土、砂土、黄土、素填土和碎石土等地基。在某水利水电工程的防渗处理中,采用高压喷射注浆法形成防渗帷幕。施工前,根据工程地质条件和设计要求,确定了喷射参数和注浆材料。施工过程中,严格控制喷射压力、提升速度和旋转速度等参数,确保旋喷桩的质量。经过处理后,防渗帷幕的防渗性能得到了显著提高,有效阻止了地下水的渗漏,保障了工程的安全运行。高压喷射注浆法的优点在于施工灵活、适用范围广、防渗效果好。但该方法也存在一些缺点,例如施工工艺较为复杂,需要专业的施工队伍和设备;同时,高压喷射注浆过程中可能会对周边土体造成扰动,影响周边建筑物的安全,需要采取相应的保护措施。水利水电工程地基处理技术多种多样,每种技术都有其适用的范围和优缺点。在实际工程中,需要根据地基的具体情况 and 工程要求,选择合适的地基处理技术,并严格控制施工质量,以确保工程的安全和稳定。

2 地基处理技术实践案例分析

2.1 工程概况

某大型水利水电工程选址于山区,坝址区域的地质条件极为复杂。该区域的地基主要由覆盖层深厚的软硬互层岩体构成,这种特殊的地质结构使得地基存在诸多不良地质问题。其中,节理裂隙发育情况较为严重,这些节理裂隙不仅破坏了岩体的完整性,还为地下水的渗透提供了通道,可能导致地基的强度和稳定性降低。此外,岩溶现象在该地区也较为普遍,较大的溶洞和裂隙的存在,对大坝的安全稳定运行构成了潜在威胁。若不采取有效的地基处理措施,大坝在蓄水和运行过程中

可能会因地基的不均匀沉降、渗漏等问题而出现安全隐患,甚至引发工程事故。因此,为了保证大坝能够安全稳定地运行,对坝址区地基进行全面、有效的处理成为了工程建设的首要任务。

2.2 地基处理方案

针对该工程复杂的地质条件,经过深入的地质勘察和详细的技术论证,最终确定了采用多种地基处理技术相结合的综合处理方案。①岩溶处理。首先,对坝址区的岩溶进行了全面、细致的地质勘察。通过钻探、物探等多种手段,准确查明了岩溶的分布范围、规模大小以及发育程度。对于较大的溶洞和溶隙,采用灌浆法进行处理。灌浆材料选用水泥浆液,根据溶洞和溶隙的具体情况,合理调整浆液的配比和浓度。在灌浆过程中,严格控制灌浆压力和灌浆量,确保浆液能够充分充填溶洞和溶隙,并进行有效的封堵,防止地下水通过岩溶通道渗透,影响大坝的安全。②覆盖层软弱夹层处理。针对覆盖层中存在的软弱夹层,采用了振冲碎石桩处理方法。在施工前,对软弱夹层的分布范围和厚度进行了精确测量,合理确定了振冲碎石桩的布置间距和桩长。施工过程中,利用振冲器的高频振动和高压水流,使软弱夹层土体振密和液化,然后向孔内回填碎石等粗颗粒材料,形成碎石桩。这些碎石桩与原地基土共同组成复合地基,有效提高了覆盖层的承载能力和抗液化能力,减少了地基在荷载作用下的沉降变形。③坝基固结灌浆处理。为了增强坝基岩体的整体性和强度,对坝基进行了固结灌浆处理。根据坝基岩体的节理裂隙发育情况和工程要求,合理布置了钻孔。灌浆材料选用水泥浆液,在灌浆过程中,采用分段灌浆的方法,逐步提高灌浆压力,使浆液充分渗透到岩体的节理裂隙中,与岩体形成一体,从而增强了岩体的整体性和强度,提高了坝基的承载能力^[4]。

2.3 处理效果

经过一系列精心设计和实施的地基处理措施后,对坝址区的地基进行了全面、详细的检测和监测。①检测结果。检测数据表明,地基的各项性能指标均得到了显著提高。承载能力方面,经过处理后的地基能够承受更

大的上部荷载,满足了大坝的设计要求;抗渗性方面,通过对岩溶的充填封堵和坝基的固结灌浆处理,有效阻止了地下水的渗透,降低了大坝渗漏的风险;稳定性方面,覆盖层软弱夹层的处理和坝基岩体的加固,使得地基的整体稳定性得到了极大提升,减少了地基在各种荷载作用下的变形和破坏。②运行监测。在后续的大坝施工和运行过程中,对地基进行了长期的监测。监测数据显示,地基未出现明显的沉降和变形,各项指标均保持在稳定范围内。大坝在蓄水和运行过程中,运行状态良好,安全稳定,未出现因地基问题而引发的安全事故。这充分证明了所采用的地基处理方案是科学合理的,施工工艺是可靠的,达到了预期的处理效果,为该大型水利水电工程的安全稳定运行提供了坚实的地基保障。

结束语

水利水电工程施工中的地基处理是确保工程安全和质量的关键环节。在实际工程中,应根据地基的地质条件、工程要求和经济性等因素,选择合适的地基处理技术。换填法、排水固结法、振冲法、灌浆法等常用的地基处理技术各有其适用范围和优缺点,在实际应用中应根据具体情况进行合理选择和组合。同时,在地基处理过程中,应加强施工质量控制和监测,确保地基处理效果达到设计要求。未来,随着水利水电工程的不断发展和建设规模的不断扩大,地基处理技术也将面临新的挑战 and 机遇。应进一步加强地基处理技术的研究和创新,不断提高地基处理技术的水平和质量,为水利水电工程的发展和建设提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]刘心刚,田雪岩.水利工程施工中软土地基处理技术[J].吉林农业,2018,(05):77.
- [2]吴庆.水利施工中的软土地基处理技术研究[J].工程技术研究,2017,(11):46-47.
- [3]涂青.水利工程地基处理关键技术分析[J].科技与创新,2018,(06):78-79.
- [4]陈正水,付乃明.浅谈水利水电工程建筑中不良地基的影响和处理技术[J].企业科技与发展,2019(14):83-84.