

水利水电工程中不良地基的基础处理方法研究

孙乾龙

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6421

[摘要] 由于水利水电工程自身的特殊性,施工中能选择的地基空间相对比较小,工程建设期间经常会遇到各种各样的不良地基。本文主要就水利水电工程中不良地基的基础处理方法展开研究,首先分析了水利水电工程中常见的不良地基类型,如软土地基、岩溶地基、膨胀土地基及砂土地基等;接着系统介绍了目前常用的不良地基处理方法,包括换填法、强夯法、水泥搅拌桩法、灌浆法及桩基础法等,深入剖析了各方法的原理、适用条件、施工工艺以及效果评估方式。之后结合实际工程案例具体展示了不同处理方法在不同不良地基条件下的应用过程与效果。研究结果表明,合理选择和优化组合基础处理方法,能够有效改善不良地基的物理力学性质,提高地基的承载力和稳定性,保障水利水电工程的安全运行。

[关键词] 水利水电工程; 不良地基; 处理方法

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Study on foundation treatment method of bad foundation in water conservancy and hydropower engineering

Qianlong Sun

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] Because of the particularity of water conservancy and hydropower projects, the space of foundation that can be selected in construction is relatively small, and various bad foundations are often encountered during construction. In this paper, the foundation treatment methods of bad foundation in water conservancy and hydropower projects are studied. Firstly, the common types of bad foundation in water conservancy and hydropower projects are analyzed, such as soft soil foundation, karst foundation, expansive soil foundation and sandy soil foundation. Then, the common treatment methods of bad foundation at present are systematically introduced, including replacement method, dynamic compaction method, cement mixing pile method, grouting method and pile foundation method, and the principles, applicable conditions, construction technology and effect evaluation methods of each method are deeply analyzed. Then, combined with practical engineering cases, the application process and effect of different treatment methods under different bad foundation conditions are shown in detail. The research results show that reasonable selection and optimization of composite foundation treatment methods can effectively improve the physical and mechanical properties of poor foundation, improve the bearing capacity and stability of foundation, and ensure the safe operation of water conservancy and hydropower projects.

[Key words] water conservancy and hydropower engineering; Bad foundation; processing method

引言

一直以来,水利水电工程在我国经济发展、能源供应及民生保障等方面都发挥着非常重要的作用。然而工程实际建设中常常会遇到不良地基问题,给水利水电工程带来诸多安全隐患,如建筑物沉降不均、结构开裂、渗漏等,严重影响工程的质量和安

全。目前,针对不良地基的基础处理方法众多,但不同的方法具有不同的特点和适用范围。如何根据不良地基的具体类型和工程要求,选择合适的基础处理方法,并进行优化组合,是当前水利水电工程领域亟待解决的问题。本研究旨在深入探讨水利水电工程中不良地基的基础处理方法,为实际工程提供理论指导和技术支持。

1 水利水电工程不良地基的类型及特点

1.1 软土地基

软土地基主要由淤泥、淤泥质土等高压缩性土层构成,其形

成与河流、湖泊等水体的长期沉积作用密切相关,此类地基往往含水量高、孔隙比大、压缩性高。由于软土地基高压缩性,建筑物荷载作用下会产生较大的沉降,且沉降过程持续时间长,易导致建筑物不均匀沉降,使结构出现裂缝甚至破坏。同时,其抗剪强度低,地基的稳定性较差,在地震、洪水等外力作用下易发生滑动或失稳。例如,堤防工程中的软土地基会导致堤身下沉、裂缝,降低堤防的防洪能力,威胁周边地区的安全。

1.2 岩溶地基

岩溶地基多是因地下水对可溶性岩石(如石灰岩、白云岩等)的不断溶蚀而形成,主要表现为溶洞、溶槽、溶隙等岩溶形态发育,地基承载力分布极不均匀。水利水电工程存在溶洞会使地基的完整性遭到破坏,若处理不当,溶洞顶板在建筑物荷载作用下会发生坍塌,导致地基突然下沉,危及工程安全。此外,岩溶地区地下水丰富且流动复杂,易形成渗漏通道,引发水库渗漏,造成水量损失,不仅影响发电效率,还对大坝的长期稳定运行构成威胁。

1.3 膨胀土地基

膨胀土地基主要由亲水性强的黏土矿物组成,具有显著的胀缩性。其胀缩特性受含水量变化影响极大,当含水量增加时,膨胀土吸水膨胀,体积增大;含水量减少时,则失水收缩,体积减小。水利水电工程中,膨胀土地基会因地基的胀缩变形而产生附加应力,导致基础不均匀沉降,使上部结构出现裂缝,影响建筑物的正常使用和耐久性^[1]。例如,膨胀土地基的胀缩可能导致渠道衬砌结构破坏,出现裂缝、错台等问题,影响渠道的输水能力和安全性。

1.4 湿陷性黄土地基

我国的湿陷性黄土地基主要分布于西北和华北地区,此类地基在自重或附加压力作用下,受水浸湿后土体结构迅速破坏,产生显著附加下沉。湿陷性黄土地基对水利水电工程的危害不容忽视,对于堤防、水闸等建筑物,湿陷性黄土地基遇水湿陷会导致建筑物基础下沉,使建筑物倾斜、开裂,降低其稳定性和防洪、挡水能力。某些水闸因湿陷性黄土地基处理不当,在运行过程中出现闸室倾斜、闸门启闭困难等问题,严重影响水闸的正常运行和防洪安全。

1.5 砂土地基

砂土地基主要由砂粒组成,具有颗粒间孔隙大、透水性强、内摩擦角较大但黏聚力几乎为零等特点。一方面,其透水性强可能导致地基渗漏严重,影响水库的蓄水和工程的防渗效果。例如,在土石坝工程中,若砂土地基处理不当,水会通过砂土地基大量渗漏,造成坝体浸润线升高,降低坝体的稳定性。另一方面,砂土地基在地震等动力作用下易发生液化现象,即砂土颗粒在孔隙水压力作用下失去接触,呈悬浮状态,导致地基承载力急剧下降,建筑物可能因地基失稳而破坏。

2 水利水电工程中不良地基的基础处理方法

2.1 换填法

从字面意思即可看出,换填法即将软弱土层挖除,换填强度

较高、压缩性较低且性能稳定的材料,如砂、碎石、灰土等,其是目前水利水电工程处理浅层不良地基应用比较广泛的一种方法。该方法适用于处理淤泥、淤泥质土、湿陷性黄土、素填土、杂填土等浅层软弱地基及不均匀地基^[2]。具体施工中,施工人员需要先测量放线确定具体的换填范围,然后进行基槽开挖,开挖深度和宽度需根据设计要求严格控制。换填材料铺设要分层进行,每层厚度一般为20~30cm,最后采用机械或人工夯实,确保压实度达到设计标准。换填法的优点在于施工工艺简单、工期短、造价相对较低,能有效提高地基承载力,减小地基沉降。但换填深度有限,对于深层不良地基不适用,且换填材料的质量和压实效果对处理效果影响较大。

2.2 强夯法

强夯法其实就是利用重锤自由落下的巨大冲击能和冲击波作用夯实土层,提高地基强度,降低其压缩性。其多用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等不良地基。施工前需进行场地平整,测量定位确定夯点位置,根据地基土的性质和工程要求布置夯点间距。施工过程中,先将重锤提升至设计高度后自由落下,借助自由落体的冲击力对地基进行反复夯击。夯击次数、锤重、落距等参数需通过现场试验确定^[3]。强夯法能有效改善地基土的物理力学性质,使地基承载力大幅提高,压缩性显著降低。其优点是施工速度快、设备简单、成本较低,且对周围环境影响相对较小。然而,强夯法施工时会产生较大的振动和噪声,对周边建筑物和设施可能造成一定影响,且对于高饱和度的粉土与黏性土,处理效果可能不理想。

2.3 水泥搅拌桩法

水泥搅拌桩法是以水泥为固化剂,在地基深处将软土和固化剂强制搅拌,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体。该方法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。施工期间,应先进行桩位放样,钻机就位后调整垂直度,制备水泥浆,然后喷浆搅拌下沉至设计深度,再提升搅拌,使水泥浆与软土充分混合。水泥搅拌桩可形成复合地基,提高地基承载力,减小地基沉降,施工作业对周围环境影响小,无振动、无噪声,且能有效利用原土,减少土方开挖和运输。但水泥搅拌桩的质量受施工工艺、水泥掺入比、搅拌均匀性等因素影响较大,若控制不当,可能导致桩体强度不足。具体施工中,必须严格控制水泥掺入比、搅拌速度和时间等参数,加强施工过程监测,提高工程质量。

2.4 灌浆法

灌浆法即在一定外界压力的作用下,将具有凝胶性能的浆液注入岩土体的裂隙或孔隙中,以改善岩土体的物理力学性质。该方法适用于处理岩溶地基、砂砾石地基、软土地基等,可用于防渗、加固和纠偏等目的。灌浆过程中需严格控制灌浆压力、浆液浓度和灌浆量等参数,确保浆液充分填充岩土体的裂隙或孔隙。灌浆法能有效提高地基的承载力和稳定性,减少地基渗漏。

该方法的适用范围比较广,可根据不同的地质条件和工程要求选择合适的灌浆材料和工艺。但灌浆施工工艺复杂,质量难以直观控制,且灌浆效果受地质条件影响较大。

2.5 桩基础法

桩基础法的作用原理是将建筑物荷载通过桩传递到较深的坚硬土层或岩层上,以提高地基的承载力和稳定性。该方法适用于地基浅层土质不良,采用浅基础无法满足建筑物对地基强度、变形和稳定性要求的情况。桩基础可分为预制桩和灌注桩两大类,预制桩施工方法有锤击沉桩、静压沉桩等,施工时需控制沉桩速度和垂直度,避免桩身损坏。灌注桩施工方法有钻孔灌注桩、人工挖孔桩等,钻孔灌注桩需控制钻孔垂直度、泥浆比重等参数,确保成孔质量;人工挖孔桩需做好孔壁支护和通风措施,保障施工安全。需要注意的是,桩基础的设计需根据地质条件、荷载要求和施工条件等因素合理选择桩型、桩长和桩径。

3 工程案例

3.1 案例一:某水库软土地基处理

3.1.1 工程概况

某中型水库位于河流中游,以灌溉、供水为主,总库容约2000万立方米。水库大坝为均质土坝,坝高30米,坝长500米。工程所在区域地质条件复杂,表层为厚度约5~8米的软土层,主要由淤泥和淤泥质土组成,含水量高达40%~50%,孔隙比大,压缩性高。

3.1.2 不良地基问题

该水库软土地基的高压缩性和低强度特性对水库工程建设产生了严重影响。软土地基在坝体填筑过程中出现了较大的沉降,导致坝体局部出现裂缝,影响了坝体的整体性和稳定性。同时,由于软土地基的不均匀沉降,还可能引发坝体滑坡等安全隐患,威胁水库的安全运行。

3.1.3 处理方法选择

为了提升水库地基的实际承载力和稳固性,决定对其进行必要的加固处理。通过综合考虑地质条件和工程要求,最后决定采用换填法和强夯法相结合的处理方案,浅层软土采用换填法将其挖除,换填为级配良好的砂石料,以提高地基的承载力和稳定性;深层软土采用强夯法进行加固,通过重锤的冲击作用,使软土层密实,减小其压缩性。

3.1.4 施工过程与质量控制

软土地基换填施工过程中,工作人员严格控制开挖深度和换填材料的粒径、级配,分层回填并压实,每层压实度不小于95%。同时,强夯施工前开展现场试验,确定夯击能力、夯击次数等参数。施工期间实时监测夯沉量和地面隆起情况,确保施工质量。

3.1.5 处理效果

通过现场监测和试验数据表明,处理后地基的承载力显著提高,达到了设计要求的200kPa以上。沉降观测数据显示,坝体沉降速率明显减小,最终沉降量控制在设计允许范围内,满足水

库安全运行的要求。

3.2 案例二:某水电站岩溶地基处理

3.2.1 工程概况

某大型水电站装机容量120万千瓦,采用混凝土重力坝,坝高100米,坝长800米。工程所在地区岩溶发育,地下溶洞、溶隙众多,地质条件复杂。

3.2.2 不良地基问题

岩溶地基的发育情况对水电站建设构成了严重威胁。溶洞的存在可能导致坝基失稳,引发大坝滑坡;溶隙则可能成为渗漏通道,造成水库水量损失,影响发电效益。

3.2.3 处理方法选择

综合考量多方面实际情况后决定采用灌浆法对岩溶地基进行处理。根据地质条件和工程要求,选择水泥-水玻璃双液浆作为灌浆材料,该材料具有凝固时间短、结石硬度高、防渗性能好等优点。灌浆工艺采用纯压式灌浆,通过高压将浆液注入岩溶裂隙和溶洞中。

3.2.4 施工过程与质量控制

开始灌浆前,施工人员实施了详细的钻孔探测,全面了解了岩溶发育情况。施工过程中,严格控制灌浆压力、浆液浓度和灌浆量等参数,确保浆液充分填充岩溶空间。

3.2.5 处理效果

压水试验结果显示,灌浆后岩溶地基的透水率明显降低,达到了设计要求的防渗标准。钻孔取芯结果表明,浆液结石体与周围岩体结合紧密,强度满足设计要求,有效提高了岩溶地基的稳定性和防渗性能。

4 结束语

总而言之,本文通过对水利水电工程多种不良地基类型特点的分析,详细阐述了换填法、强夯法、水泥搅拌桩法、灌浆法及桩基础法等处理方法的原理、适用范围与实施要点。结合实际工程案例的研究表明,合理选择并科学运用这些方法,能有效改善不良地基性能,保障工程安全稳定。未来,随着技术进步,我们还需进一步探索创新处理方法,优化施工工艺,加强监测与评估,以更好地应对复杂地质条件,推动水利水电工程高质量发展。

[参考文献]

- [1] 聂阿来,胡竹华.浅谈一般水利工程季节性冻土地基处理[J].治淮,2024,(11):89-90.
- [2] 王文成.浅谈水利工程引水口防洪施工技术的标准化应用[J].大众标准化,2024,(20):126-127+130.
- [3] 刘金豹.水泥土搅拌桩在水利工程地基处理中的应用[J].水利科技与经济,2024,30(10):118-121+130.

作者简介:

孙乾龙(1989--),男,汉族,河南商丘人,本科,中国水利水电第十一工程局有限公司,项目经理,研究方向:新能源风电、光伏、水利、抽水蓄能、市政道路桥梁等方向。