

# 水利工程中复合地基在软弱地基中的应用

徐欣<sup>1</sup> 王少林<sup>2</sup> 谷源远<sup>1</sup>

1. 江苏盐城水利建设有限公司 江苏 盐城 224056

2. 江苏省水利科学研究院 江苏 南京 210017

**摘要:** 水利工程作为我国国民经济重要组成部分,受到人们的高度关注,地基稳定性是确保水利工程安全可靠运行的重要因素之一。但由于不同区域具有不同水文地质、条件,可能会存在软弱地基问题,严重限制水利工程建设和发展。为克服困境,人们开始探索并应用复合地基技术加固软弱地基,提高水利工程稳定性。因此,本文将首先分析软弱地基类型,解读水利工程常用地基处理技术,最后结合工程案例,提出水利工程中复合地基在软弱地基中的应用要点,希望提高技术应用水平,加强软弱地基处理效果,促进我国水利工程取得稳定发展。

**关键词:** 水利工程;复合地基;软弱地基;应用

前言:复合地基处理技术通过改善地基力学性质,提高水利工程稳定性和承载性,保障水利工程运行安全的同时,具有一定经济和环境效益。随着科技进步和研究的深入,相信复合地基技术在水利工程中的应用会得到进一步完善。

## 1 水利工程软弱地基特征

软弱地基指土层稳定性较差,承载能力较低的地基。水利工程中,软弱地基会导致结构沉降、变形甚至崩塌,影响工程正常运行。因此,了解软弱地基特征,并采取相应处理措施,对于水利工程设计和建设具有重要意义。由于土层密实度较低、孔隙水含量较高,软弱地基承载能力较低。水利工程建设中,软弱地基需要额外加固,才可确保工程稳定性。软弱地基土层稳定性较差,受到外力作用时容易发生较大变形,对工程结构造成影响,影响工程使用寿命。软弱地基具有较强的渗透性,需要采取防渗措施,确保水资源有效利用,避免水资源浪费和地基破坏。土层密实度较低,造成软弱地基稳定性较差,容易对外力产生较大反应。需要采取相应处理措施,确保工程稳定性和持久性。

## 2 软土地基区域对水利工程建设产生的影响与危害

软土地基承载能力较低,容易发生沉降,水利工程施工完成后,长期荷载作用导致土壤压缩和沉降,可能对工程水平性和垂直性产生不利影响,影响工程正常运行。软土地基遭遇地震,或水利工程建设突然对土壤造

成改变,土壤颗粒间水分会形成水-土体系,造成土壤失去结实性质,造成液化现象。这种情况会导致地基失稳,严重时甚至会引发地震,对水利工程安全运行造成威胁。软土容易受雨水冲刷,形成水土流失,导致土壤侵蚀,减小土壤承载能力,进一步损害水利工程稳定性和安全性。另一方面,水利工程自身特点也会加剧软土地基不良影响,由于水利工程需要水的流动和冲击,软土地基稳定性将会面临更大挑战。因此,施工单位必须选取科学地基处理措施,提高整体承载性、稳定性,才可降低软土地基对水利工程建设产生的危害与影响。

## 3 水利工程复合地基类型

### 3.1 水泥搅拌复合地基

#### 3.1.1 加固机理

水利工程建设中,由于地基土质较差,导致地基不稳,易发生沉降和破坏等问题。为解决这一问题,水利工程中采用水泥搅拌复合地基加固技术已成为一种非常有效的方法。水泥搅拌复合地基加固技术是指将水泥与地基土进行机械搅拌,形成混合物,通过固化反应将混合物与原土结合,提高地基强度和稳定性。水泥搅拌复合地基加固技术能够通过填充空隙的方式改善地基土密实性,搅拌过程中,水泥与地基土发生物理作用,将原本松散的土壤固结,填充土壤空隙,使得地基土密度得到提高。由于水泥粘结性和硬化特性,搅拌后的混合物能够提供更高支撑力,增加地基承载能力。在水利工程中,地基土受到水力作用影响较大,容易发生液化侵蚀问题。通过将水泥与地基土进行搅拌,可以填补土壤内的微观裂缝,提高土壤抗渗性和抗冲刷能力,增强地基稳定性和抗水性。水泥与地基土发生化学反应,形成固化体,提高土体强度和刚性。加固后的地基土中,水

**通讯作者:** 徐欣,出生年月:1990年3月,民族:汉,性别:男,籍贯:江苏建湖,单位:江苏盐城水利建设有限公司,职位:项目经理、项目总工,职称:水利工程师,学历:本科,邮编:224056,研究方向:水利工程施工建设。

泥可以有效限制土壤变形,减小地基沉降风险。

### 3.1.2 施工原理与应用优势

施工前,施工单位需要对地基进行详细勘测,确定土壤类型、含水量以及承载力等重要参数。通过分析土壤力学性质<sup>[1]</sup>,确定适宜水泥投加量和搅拌时间,保证地基稳定性和承载能力。地基施工前,需要对土壤准备处理。通常情况下,需要将土壤进行开挖和清理,保证土壤表面杂物和杂草被清除干净。还需要进行土壤湿润处理,提高水泥与土壤黏附性。土壤准备工作后,需要将水泥投放到土壤中,并进行搅拌。搅拌时水泥与土壤充分混合,形成均匀复合体系,搅拌时间和搅拌机选择应根据工程要求和土壤的特性进行调整。水泥搅拌后,需要对地基进行压实处理,提高地基密实程度。一般会采用碾压机对地基进行压实,确保地基稳定性。此外,在施工过程中还要做好养护工作,保证水泥充分干燥和固化。水利工程应用水泥搅拌复合地基技术,可大幅提高地基承载能力。水泥硬化过程能够使土壤与水泥产生化学反应,形成坚固复合体系,提高地基强度和稳定性。相比其他地基加固方法,水泥搅拌复合地基不需要大量设备和工程人员,施工周期短,成本较低,能够节约施工时间和资金<sup>[2]</sup>。由于施工方法简单易行,水泥搅拌复合地基可适用于各种地质条件,包括黏土、砂土、软土等不同类型土壤。

## 3.2 沉管碎石挤密桩

### 3.2.1 技术原理

水利工程中沉管碎石挤密桩技术是一种常用施工方法,用于提高水利工程建设稳定性。沉管碎石挤密桩技术原理是利用沉管和碎石挤压的力学作用,将碎石填充到钢管内部,形成固体桩体结构。水利工程中,为增加建筑物承载力和稳定性,需要将基础建设在坚固地基上。沉管碎石挤密桩技术的原理正是通过将碎石填充到钢管内部,使得钢管基础能够与地基结合,增加建筑物承载力。施工过程中,通过施加一定挤压力,使得碎石在钢管内部逐渐形成一个致密堆积体,可以填充钢管内部空隙,增加整个桩体坚固性;还可以提高桩体摩擦阻力,使桩体在地基中的稳定性更好。

### 3.2.2 技术优势与应用范围

沉管碎石挤密桩技术施工过程简单,施工速度快。相比传统桩基施工方法,沉管碎石挤密桩技术不需要大量土方开挖和回填工作<sup>[3]</sup>,减少施工时间和人力成本,提高施工效率。沉管碎石挤密桩技术可适用于各种地质条件和水深,无论是软土地质、河流、湖泊还是海洋,沉管碎石挤密桩技术都能发挥良好应用效果。施工单位

要选择合适沉管尺寸和碎石质量,满足各种地质条件和水深要求,具有较强适应性。相比传统桩基施工,沉管碎石挤密桩技术不需要大量材料和大型机械设备,减少施工成本,降低工程造价。实际施工过程中,通过碎石填充,桩体与周围土层产生结合,增加桩基承载力。由于施工过程中桩体自重或其他外力作用,使桩体进一步沉入地下或水下,提高桩基稳定性。沉管碎石挤密桩技术在水利工程建设应用范围十分广泛,可以用于各类港口、码头、堤坝、水闸等水利设施桩基施工中,从根本上提高水利工程建设质量与稳定性。

## 4 水利工程中复合地基在软弱地基中的应用价值

复合地基处理技术是利用合理方法和材料改善地基的稳定性、力学性能的一种技术手段,将传统地基处理方法与现代材料技术结合,弥补传统地基加固方法不足。软弱地基具有较低承载能力和较大沉降变形,不利于水利工程建设运营。复合地基加固作用可有效提高地的承载力和抗沉降能力,使水利工程更好地适应各种力学荷载作用。例如,重力坝基础处理中,复合地基可以有效地减小地基沉降变形,提高坝体稳定性和安全性,确保水库正常运行。相比于传统地基处理方法,复合地基施工过程简便快捷,并且能够充分利用和回收原有地基材料。不仅降低水利工程建设成本,节约资源,还减少对环境的破坏。同时,复合地基施工过程中的土壤改良效果较好,能够提高地基质量和稳定性,延长水利工程使用寿命。为发挥技术价值,施工单位对于不同地区软弱地基特点和应力情况,需要根据具体情况选择合适复合地基处理方法<sup>[4]</sup>。

## 5 水利工程中复合地基在软弱地基中的应用要点

### 5.1 工程概况

此水利工程项目位于某省河水流域,工程主要内容为修建拦河坝,坝体长度为105m,坝体高度为2.5m,此项目相关建筑物包含拦河坝铺盖、坝座、消力池、抛石防冲槽等,拦河坝建筑物等级为5。

### 5.2 水文地质条件

该河水流域属于温暖带大陆性季风气候,四季分明,夏季降雨量较高,温度炎热,冬季较为干燥、含量。该区域多年平均气温为13.2℃,最高极端温度为42.3℃,最深冻土深度为0.16m,平均冰冻时间为95.6d。根据勘察结果显示,坝基土层主要由饱和砂土和粉土层组成,在0米到5.2米深度范围内存在地下水。根据《中国地震动参数区划图》分类,该区地震基本烈度为Ⅷ度,属于易受地震影响地区,需要对坝基土层进行处理以增加其抗震能力。该区域河漫滩下部存在一层密实粉土层,这层土

壤具有良好承载力,可以作为拦河坝天然地基持力层使用。左右坝肩上分布黄土层,也可作为拦河坝天然地基持力层。河漫滩和河床地段分布粉质粘土层,这些土壤对地基的支撑能力较差。根据以上分析,为增强坝基土层稳定性和抗震能力,需要采取适当处理措施。对于黄土层和粉质粘土层,可以考虑采取填筑和加固方式加强地基承载能力。对于粉土层密实部分,可以保留作为天然地基持力层。通过以上处理,可以有效提高坝基土层承载力和稳定性,降低地震和液化灾害风险。

### 5.3 施工条件

开展实际施工过程中,该区域河道流域降水量增高,上游水库一直在持续泄洪,围堰水位不但提高,坝址部位地下水水位加明显提升。同时,因为坝基位置处于当地某水库库尾新沉积的弱透水性饱和性粉质粘土内,相比于勘察期来说,含水率更高,施工现场无法保障降水效果,降低施工环境稳定性,增加施工难度,还会使施工单位面临更大的安全隐患<sup>[5]</sup>。

### 5.4 施工方法

此项目中,拦河坝坝基与消力池基础地基承载力为140kPa,但在项目施工区域坝基处于粉质粘土层,地质勘察报告内承载力标准值仅可达到80kPa。得知该情况后,施工单位进行二次现场勘察,发现粉质粘土层在8-10m部位为软塑状,工程性能较弱,应进行科学处置才可将其作为拦河坝基础。

经研究、多方分析对比后,此项目选用水泥土搅拌桩与沉管碎石挤密桩多桩型复合地基方式,以获得更好的软弱地基处理效果。实际施工过程中,施工单位采用矩形布桩方式对水泥土搅拌桩进行布置,桩体长度在8-10m范围内,桩径为0.5m,沿水流之间的净距离为1.5m,垂直水流方向之间的距离为1.0m,设置总量为1750根。与此同时,施工单位选用等腰三角形对沉管碎石挤密桩进行布置,总数量为4608根,详细布置方式见图1。

实际施工过程中,施工单位首先开展水泥土搅拌桩施工,得到桩彻底成型后再开展沉管挤密桩施工。通过这种方式,可充分发挥两种技术优势,还可避免对水泥土搅拌桩产生破坏。并且,施工单位使用沉管碎石

挤密桩可从根本上提高施工区域排水性能,降低液化发生概率,使水泥土搅拌桩成桩速度更快。施工完成后,施工单位与相关监测部门对该区域坝基进行长时间沉降观测,未发现明显裂缝或沉降。拦河坝主体建设完毕后,建设单位开始进行蓄水,直至现在运行状态稳定,未能出现沉降。

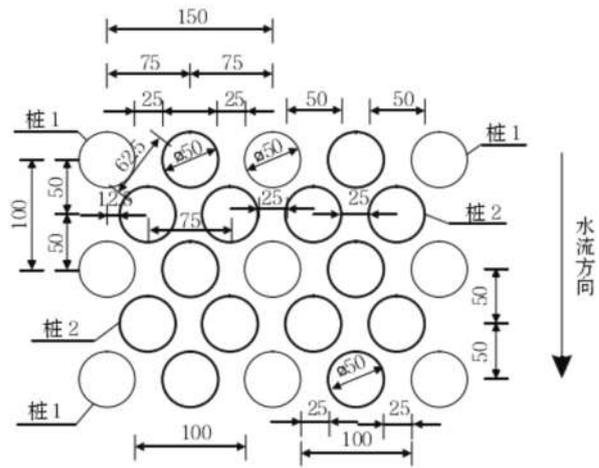


图1 符合地基处理布桩示意图

结语:水利工程中复合地基在软弱地基中的应用可获得良好施工效果,通过使用这种技术,不仅可提高地基稳固性,还可发挥水泥土搅拌桩、碎石桩技术双重优势,加快施工进度,从根本上提升地基稳定性,保障施工安全与工程建设质量。

### 参考文献

- [1]惠伟伟,罗小玲,伍芝铭等.基于多源数据的水利工程施工复合地基承载力估算研究[J].科学技术创新,2022(31):146-149.
- [2]杨飞鹏,张志霞.水利工程中不同种组合多桩型复合地基的应用[J].山西水利科技,2022(02):26-28.
- [3]杨飞鹏.水利工程中复合地基在软弱地基中的应用[J].陕西水利,2022(01):167-168+171.
- [4]于荣科.预制桩复合地基在桃园闸站工程中的应用分析[D].扬州大学,2021.DOI:10.
- [5]李敏.CFG桩复合地基在道路软弱地基加固工程中的应用[J].福建地质,2010,29(04):364-367.