

# 关于反滤层下软弱带的补强加固技术研究

李宝玲<sup>1</sup> 马鲁峰<sup>2</sup>

山东省水利工程局有限公司 山东 济南 250013

**摘要:** 在建筑中, 建筑构件补强技术是延长建筑使用期限的有效方式, 一直受到了学术界的高度重视。所以, 在现实的工程建设中, 有关工作人员必须要加强彼此间的培训与交流沟通, 进一步掌握国外先进的加固技术, 逐步提高建筑物结构的加固实力, 针对具体的施工状况与特点, 合理的选用不同的加固工艺, 有针对性地实施施工构件补强, 选用经济的施工用材, 确保结构安全性, 使施工单位提高相应的效益。

**关键词:** 隐蔽地带; 反滤层; 软弱下卧层; 结构加固

引言: 在砂砾石地基上的水工构筑物中, 一般混凝土底板下部会通过反滤层加以过滤防渗。但因为水电站工程结构复杂, 且基层渗漏严重, 所以在具体的施工中也由于施工质量管理不规范或施工设计不符合规定导致反滤层基础以下出现软弱地区或软弱地层。为了隐蔽施工, 工程建设中一般采取灌浆的方式加以解决, 但是针对有反滤层的隐蔽建筑, 一般的水泥灌浆方式都可能导致反滤层结构破裂。



软弱带的补强加固如图一所示

## 1 反滤层概述及作用

1.1 反滤层, 又称倒滤层, 主要有如下作用: 反滤层的功能, 主要是用来抑制管涌和流土的形成, 使渗透水在流动时就带不出堤坝体或土壤表面的土层。

1.2 反滤层常设在土石等材料砌筑的大坝及透水地基上, 亦适用于防洪中解决管涌、流土等险情。

1.3 反滤层是为了避免土壤的渗透性污染, 在细小颗粒土壤和粗纹土质设置的数层进行过滤的砂石料, 同时也是提供排水的主要系统。

1.4 按土的类型可以分为保护无黏性土和黏性土两类, 土的类型不同, 相应的工作机理和选择标准也是不同的。

1.5 是水工结构线性渗流控制的重要手段之一, 随着线性渗流的原理逐渐由以屋顶渗漏为主的原则, 转变为以屋顶漏水排参与反滤层三结合的原则, 土石坝的构造形式也有了本质的改变, 均质稳定坝型逐渐转变为混合

型, 坝体结构包括了屋顶漏水体与支撑体二部分。

1.6 扩展资料反滤层的设计: 反滤层是水工建筑线性渗流控制技术的重要措施之一, 通过近一世纪的应用, 工程设计准则不断完善, 线性渗流控制技术理论由以防渗为主的理念发展为防渗排参与反滤层三结合的原理<sup>[1]</sup>。

1.7 坝体包括反渗透体和支撑体二部分, 将屋顶渗透与排渗相结合, 反滤层也在其中起过滤功能, 从此土石坝利用当地材料坝的优越性就更加突出。

1.8 至20世纪60~80年代间, 高土石坝技术得到了飞跃发展, 目前世界上百米以上的高土石坝有二百多个, 我国的两江口水力发电厂, 土石坝的高度高达二百九十五m, 已成为世界上第二高的土石坝。

## 2 反滤层的构造

反滤层通常是由1~3层不同粒度的非粘性土组成, 各个层面布设得大体与线性渗流正交, 且粒度随线性渗流的方向而增加。

### 2.1 层数的确定

反滤层层数直接关乎着反滤层本身的安全运营问题。设置第一层反滤层的目的是避免被防护土的侵蚀变形与流失, 设置第二层的目的则是为保障第一层反滤层的安全运营。如果仅设置一个反滤层就可以适应施工要求, 就不需要设置第二层的反滤。而针对于渗渠引水施工, 反滤层不但要符合上述规定, 而且还要按照渗渠引水对环境的影响需要, 设置第2、第3个的反滤层, 有时候甚至还要设置第四个。

渗渠引水工程, 由于反滤层下埋设着集水管, 管壁有入水流孔眼, 郑州市管城回族区外国语中学滤材颗粒大小应该超过管壁的孔眼尺寸, 才不会使滤材流入集水管中, 实现出流排放。该级滤材尺寸通常很大, 但也为达到保护上一级滤材的要求, 故须设有三层, 有时甚至为四层, 里粗外细。

## 2.2 层厚的确定

反滤层中每一层的厚薄,可依据反滤料的层配、粒度、料源、使用情况等各种因素,综合考量后决定。

反滤层的材料,可按照反滤料的型配、料源、使用、工艺技术等实际情况,综合考量后决定<sup>[2]</sup>。土石坝及主要工程中的平面反滤层采取人工浇筑的,平面反滤层的最小厚度宜选用三十cm,垂直或斜面反滤层的最小厚度则可选用五十cm。而采取推土机平料的,最小平面厚度应不低于三点零m。

渗渠引水建筑物的人工反滤层各层根据所要求厚度计算方法不一,有的直接采用实验数据,有的依据已有设计的实验资料<sup>[2]</sup>。

## 3 反滤层技术特点

### 3.1 长效排水,动态平衡泄压

传统降排水施工方法属于临时性措施,一旦封堵停止工作后,地下水水位上升,基础底板将承受巨大的浮力,可能造成结构不稳定。本工法采用的降水方法长期有效,实现水压的动态平衡,房屋在使用时结构底板不能受到很大浮力,使房屋结构的安全性得以显著提高。

### 3.2 工艺简单、缩短工期、节省造价

抗浮锚杆施工慢、造价高,本工法操作简单、材料费用低、施工速度快、人工费少,且在达到良好的排水降压效果的同时缩短了施工工期和节约了工程造价。

### 3.3 保障工程质量和结构安全

传统的深基坑降排水施工方法无论是在施工阶段还是在建筑使用阶段,都会使基础底板承受巨大浮力,基础底板和深井降水口封堵处易出现裂缝、渗漏或突涌等质量问题,造成钢筋锈蚀,影响结构安全和使用。本工法利用压力平衡原理,“化堵为疏”,即通过将基础底板下方的水疏导出去,缓解基础底板所受水压力,减少裂缝、避免渗漏、提高了结构安全性。

### 3.4 减少基础板底不均匀沉降

根据工程地质勘察报告,经过计算,并综合考虑多方面的因素合理设计排水泄压管的布置位置、长度、直径和管上的孔距及孔径,使用时通过基础底板承受的地面垂直荷载和地下水浮力之间的相互作用,自动调节基础底板承受的水压力,免除基础底板因承受过大的水压力而不能正常工作。在不过度降排水的前提下,减少了底板混凝土裂缝和降低了建筑物不均匀沉降。

### 3.5 维修简便、维护费用低

滤水管配件制造简单,材料无特殊要求,购买容易、更换简单、价格便宜,并且在工程交付使用后,降排水设备运转无需支付高昂费用即可轻松、高效解决丰

水期建筑物基础地下水降排问题<sup>[3]</sup>。

### 3.6 绿色环保、节省用水费用

对流出地下水经高效处理后进行建筑物、小区的日常清洗、喷淋、浇灌,科学使用了水资源,并节约了供水时间,实现了绿化的目标。

### 3.7 适用范围

本工法适用于具有以下特点的工程:①基础埋深在地下水水位线以下、地下水丰富和疏排复杂工程;②工程地质勘察报告中提出基础施工要采取降排水措施;③基础结构为筏板基础;④工程地质勘察报告中分析出基础底板以下土层透水率高,且土质符合排水降压系统要求。

## 4 项目概况

水电站阻水建筑物和泄洪构筑物多建于主河道上,部分主河道地质情况相对恶劣,不形成整体岩体结构。尤其是在尼泊尔一带,目前运行的一些水力发电站,河床上主要为砂砾岩地基。尤其是在尼泊尔一带,由于目前运行的部分水电站,河床基础为砂砾岩基础。由于砂砾碎石结构的特点,要求在混凝土基施工中必须加大对反滤层的填筑路基,以便使基面的渗漏水能够通过反滤层线性的渗流出,同时增加地基扬压力来满足施工需要。故本研究针对的是常见水电站基础所出现的问题,研发完成后,对尼泊尔当地和国内其他一些地方会产生很大的推动作用。

是水电站中最主要的构造体之一,挡水结构和泄水结构的基本稳定性是水电站正常运行的根本条件,是水电站能够达到正常运行年限的重要前提。

通常,进行普通软弱带补强处理的主要技术有碾压和夯实法、固结砂浆法、振密挤实法、置换法等;特别是对隐蔽地区,往往采用胶结注浆成型和回填灌浆法加以解决问题。本项目的软弱带,只要在基础反滤层或者基础结构砼施工前发现和确定,是比较容易解决方法的,无论是置换还是普通胶结灌浆成型,均可轻松进行加固补强,达到现场基础强化要求<sup>[4]</sup>。由于反滤层与砼基础已完成,常规注浆成型必然会形成反滤层胶结,进而堵塞结构主体基础下部屋顶渗水渠道,冲沙闸基础下扬压力可能无法顺畅排除,进而危及上部结构主体安全。

## 5 存在问题

冲沙闸设计工作完成以后,为逐步确定基础的结构安全性,并提高构造稳定性,施工单位对冲沙闸的下部基础进行了物探检查,物探结果表明反滤层以下存在着局部软弱的现象。根据现场情况,施工单位对冲沙闸底板进行了物探,当时物探的样图如下图一所示,但图中D-Soil区域均为较软弱的区域,所以需要加以补充。

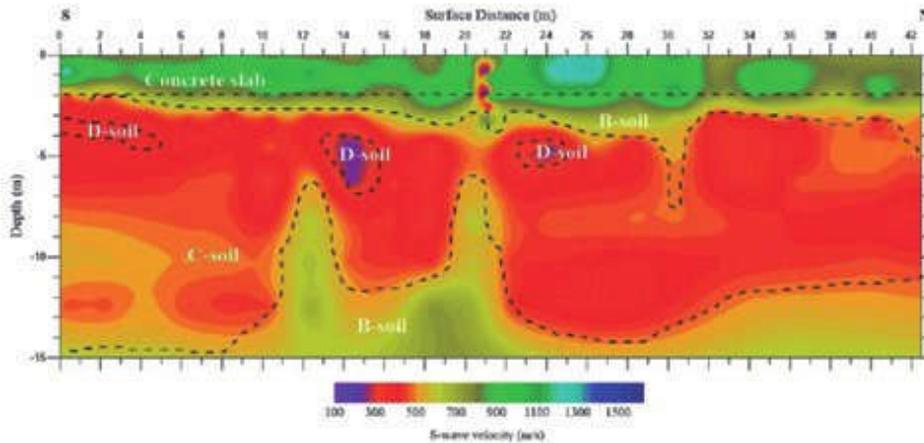


图1 加固补强前物探结果

6 处理方案

首次确定了具体的软弱区域，接着进行详细标注直径、宽、深等技术参数。根据每一处软弱范围的深度，生产不同口径的钢填筒；为避免注浆成形过程中水泥进入反滤层，故填筒方法为盲管和花管的结合，上部盲管直接通过反滤层，花管则经过软弱地带直至抵达其底部，花管的渗孔由下至上，逐级下降<sup>[5]</sup>。为均衡水压而不损伤水泥底层与反滤层，将注浆的成型压强取值为孔隙水压与不超过零点二MPa的碳相图之和。钢填筒施工完毕后，使用水压仪测量水压，从而判断注浆情况。通过测试，该工程采用水灰比取了0.5:1。灌灌浆工艺中，由注浆成型记录员密切观察每孔的灌注量变化，如出现灌注量突变情况，应及时中止灌注，并经协商确定后才能实施。同时考虑到串浆的危险性，还需要对相邻多个水泥砂浆在钻孔中注入水量的理论误差作不间断比较。

依据物探文件，施工单位共标出了二十个要求补强的点位，但各个点的深度均不同。按照设计，由于3m

以上为混凝土底层和反滤层，故0~3m距离的填筒均采用盲管，而三米以内的砾填筒则采用天花管。而按照物探报告，可计算最软弱的基础灌注量；计算每个钻孔的基础灌注量。灌浆工艺中按照合理的灌注量进行灌注，前五孔灌浆量不得大于理论误差的百分之十；在后五孔的灌注中要格外小心，前二十孔累计灌注量必须完全达到理论值。灌浆工程中，通过检测记录仪，灌浆量按照图一所示。而通过其他方法补强处理之后，物探结果样图如图二所显示<sup>[6]</sup>。

表1 冲沙闸底板薄弱带区域灌浆点理论灌浆量

孔号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
灌浆量/L	9500	4100	950	5060	1000	11000	4500	10000	15000	1900
孔号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
灌浆量/L	1500	2100	7400	1500	15000	1200	20000	12000	11000	6000

补强处理工作完成后，由项目部人员对反滤层尾部渗水管进行了检测，根据结论可推断本次的补强工艺并不严重影响反滤层过水的效果。据样图二表明：本次灌浆补强中，已将对冲石闸底板下部软弱带补强完成，效果较好。

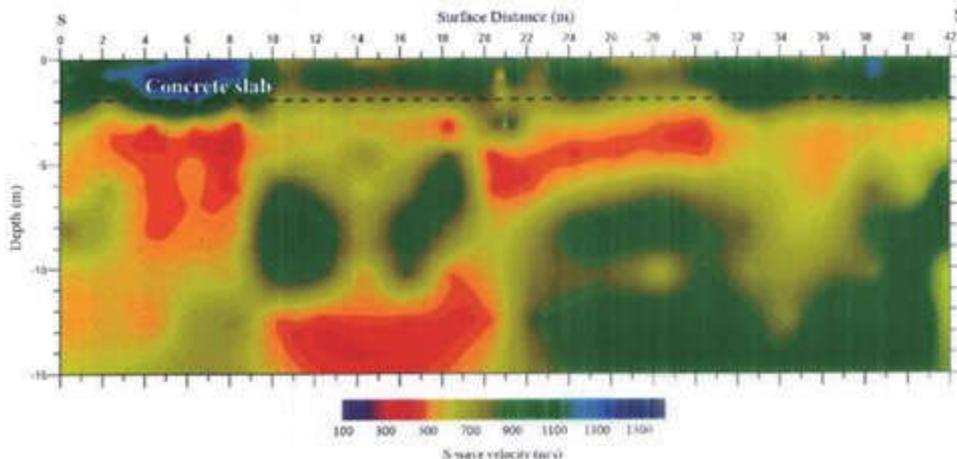


图2 加固补强后物探图

## 7 结论

此项补强处理工艺的关键在于,如何保证好砂浆不会大量渗透反滤层,从而破坏反滤层的防渗特性。项目部通过多次研究,开发了该产品。

其中预埋管道的设计、注浆成型压力和数量的管理、对反滤层的控制为该工艺的三个重点。此次补强技术进行,不仅根本不会损伤反滤层,通过物探结果,反滤层还是有少许部分受影响,不过总体并未遭到严重破坏,且其渗排水能力也大致良好。此项工艺没有百分之一百完全满足预期条件,不过已经可以达到施工条件,符合沙粒石基混凝土的稳定性条件,有着一定的示范性和应用价值。

### 参考文献

[1]张悛.水闸闸室工程布置和稳定分析的探讨[J].黑龙江水利科技,2019(03).

[2]陈刚.恰木萨水电站输水渠道基础处理研究[J].水利科学与寒区工程,2018-03-30.

[3]戚侠光,刘敏.水利工程施工中的帷幕灌浆技术的运用探索[J].工程建设与设计,2020-04-10.

[4]罗贯军,王克祥,郭增光,等.复杂河床坝基岩体盖重固结灌浆关键技术[J].清华大学学报(自然科学版),2021-04-01.

[5]张家发,杨启贵,熊泽斌,等.水布垭面板堆石坝渗流场分析和分区材料允许比降设计指标研究[J].长江科学院院报,2018,(6):71-76.

[6]朱家启,刘路平,涂传林,等.湖北清水江水布垭水电站混凝土面板堆石坝筑坝材料工程特性研究[R].武汉:电力工业部中南勘测设计研究院,2018.