

Study on the Applicability and Effect of New Composite Materials in the Basic Treatment of Water Conservancy

Rui Liu

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611700, China

Abstract

Foundation treatment in hydraulic engineering is a critical component ensuring structural safety and long-term stability, with its construction effectiveness directly impacting the overall quality and service life of the project. Based on practical engineering experience in hydraulic engineering foundation treatment, this paper systematically analyzes the applicability and application effects of novel composite materials in foundation reinforcement, seepage prevention, and foundation strengthening. Comparative analysis of actual cases and measured data demonstrates that these composite materials exhibit significant advantages in improving mechanical properties, reducing permeability, and enhancing structural durability, with reinforcement effects and quality stability generally surpassing traditional materials. The study further highlights that material performance compatibility, construction process control, and durability assurance are key factors influencing application outcomes. These conclusions provide practical references for material selection and technical optimization in hydraulic engineering foundation treatment.

Keywords

New composite materials; Basic treatment of water conservancy; Applicability; Effectiveness study

新型复合材料在水利基础处理中的适用性及效果研究

刘睿

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川·成都 611700

摘要

水利工程基础处理是保障工程结构安全与长期稳定运行的关键环节,其施工效果直接关系到工程整体质量与服役寿命。本文基于水利工程基础处理的工程实践,系统分析了新型复合材料在地基加固、防渗处理及基础补强中的适用性与应用效果。通过实际案例与实测数据对比,结果表明,新型复合材料在改善基础力学性能、降低渗透性及提升结构耐久性方面具有显著优势,其加固效果与质量稳定性普遍优于传统材料。进一步指明材料性能匹配、施工工艺控制及耐久性保障是影响应用成效的关键因素,相关结论可为水利工程基础处理材料选择与技术优化提供实践参考。

关键词

新型复合材料; 水利基础处理; 适用性; 效果研究

1 引言

随着水利工程向高坝、大库、复杂地质条件方向发展,传统基础处理材料在强度、耐久性及环境适应性方面逐渐显现局限性。新型复合材料凭借其可设计性强、性能优异和适应工况范围广等特点,逐步应用于水利基础处理领域。系统研究新型复合材料在水利基础处理中的应用特征、技术优势及适用条件,对于优化工程设计方案、提升基础处理质量具有重要现实意义。

2 新型复合材料在水利基础处理中的应用特征与技术优势

2.1 新型复合材料的基本类型及其工程性能特点

新型复合材料是将两种或两种以上的不同性质材料采用物理或化学的方法进行复合,并使其整体性能比任何单一组成材料都要好的新型工程材料。水利工程基础处理常用到的新材料主要有纤维增强复合材料、聚合物基注浆材料、复合防渗材料及复合加固土体材料等^[1]。不同类型复合材料的核心工程性能如表1所示:

碳纤维、玻璃纤维及玄武岩纤维增强复合材料具有强度高、模量大、耐腐蚀性强的特点,可用于提高承载力和结构加固方面;聚合物基注浆料具有流动性好、可控制凝结时间以及较高的黏结强度等特点,用于填充裂隙和加固软弱地基效果明显;复合型防渗材料具有防渗、抗拉和抗老化的特性,在层数上可以满足不同的水文条件的要求。

【作者简介】刘睿(1996-),男,中国四川内江人,本科,助理工程师,从事水利、基础处理研究。

复合材料类型	核心性能参数	典型优势	适用场景
纤维增强复合材料	抗拉强度 $\geq 3000\text{MPa}$, 弹性模量 $\geq 200\text{GPa}$, 耐腐蚀性等级 $\geq \text{C5}$	强度高、韧性好、抗腐蚀	结构补强、承载力提升
聚合物基注浆材料	流动性 $\leq 10\text{s}$, 凝结时间 30min-24h (可调), 黏结强度 $\geq 3.5\text{MPa}$	渗透力强、固化可控	裂隙填充、软弱地基加固
复合防渗材料	渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-11}\text{cm/s}$, 断裂伸长率 $\geq 50\%$, 抗老化年限 ≥ 50 年	防渗效果优、延性好	坝基防渗、库岸防渗
复合加固土体材料	无侧限抗压强度 $\geq 1.5\text{MPa}$, 压缩模量 $\geq 80\text{MPa}$, 水稳定性 ≥ 0.85	固化速度快、适配性强	软土地基加固、边坡防护

2.2 水利基础处理工况特征与材料性能匹配需求

水利工程基础处理一般具有工程地质情况复杂、受水流动力影响大以及施工环境恶劣等特点,在实际施工过程中,基础岩土体容易出现节理裂隙、强度较低以及透水性较强等情况,并且还受到水压、动载力和环境腐蚀的影响。因此对于基础处理材料的要求较高。一是要有较好的力学性能及变形协调能力,以适应基础受力状况的复杂变化;二是要有较好的耐水性、抗渗性及耐久性,以保证其在长期水环境中性能稳定。另外,水利基础常采用灌浆、加固、防渗等多种处理方式,对材料的施工适应性及可控性有较高的要求。新类型新材料通过组份及结构的设计,在强度-形变-耐久性方面进行性能调控,以期达到适应水利基本建设各类工况条件的目的^[2]。

2.3 新型复合材料相较传统材料的技术优势分析

相比于传统水泥基材料或者单一土工材料而言,新的复合材料具备诸多方面的技术优势:一是从力学特性角度分析来看,新复合材料能够发挥出增强相以及基体材料的作用来确保其具有较强的强度并且还具有一定的韧性,从而避免出现脆性破坏的问题;二是从耐久性角度分析来看,新的复合材料对于水、化学介质以及环境的腐蚀具有较强抵抗力,能大幅提高基本处治结构物使用年限。

从施工角度分析,一些复合材料具备较好的流动性及可控制固化性,在较为复杂的地层条件下可以实现精细化施工,并能有效提升施工质量稳定程度;另外,新式复合材料也存在一定的性能可设计性,针对不同的工程情况还可以对具体的配比情况进行相应设计以及相关参数优化工作,从而进一步扩大了水利工程基础处理方案的具体设计范围^[3]。

3 新型复合材料在水利基础处理中的工程应用效果分析

3.1 复合注浆材料在地基加固中的应用效果分析

对于软土地基以及裂隙发育岩体,使用聚合物基复合注浆材料的效果比较显著。例如,在对某抽水蓄能电站地下厂房基础进行处理的时候,由于该地区的岩石节理裂隙发育严重,普通的水泥浆很难渗入其中,因此无法达到很好的充填效果;而运用了高分子复合注浆材料对其进行补强之后,采用小直径、多个点级注浆,保证将微小裂缝填满。

根据现场监测数据显示,复合注浆材料对基础岩体的渗透系数从 $1.2 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ 下降到 $2.8 \times 10^{-6}\text{cm/s}$,降幅达

95%以上;单轴抗压强度平均提升25%左右。同时,与同一时期采取普通水泥浆注浆加固措施的部位对比显示,在相同条件下,复合材料处理范围内的注浆扩散程度及整体加固质量更加均衡,说明复合材料具有良好的施工适应性^[4]。

3.2 新型复合防渗材料在基础防渗处理中的工程表现

在水利工程的基础防渗施工过程中,由于新型复合防渗材料具有多层次结构,在使用的过程中可以保证防渗效果的有效性 & 稳定性。例如:对某一大型水利枢纽工程进行坝基防渗施工,在实际应用新型防渗技术时,将复合防渗膜以及防渗帷幕作为主要结构,取代了原有黏土心墙防渗的一部分。

根据观测资料分析表明,工程运用以来,坝基渗流比正常渗流下限低18%左右,坝体防渗结构形变处于正常范围,没有形成局部渗流路径。相对于单一一种类防渗土料而言,复合土料能更好地应对复杂地基差异沉降情况,具有较好的延性及抗张能力,在一定程度上减少了由于地基差异沉降造成的防渗层破坏,大幅增加原防渗体系的整体安全余量。

3.3 纤维增强复合材料在基础补强中的应用成效

近年来,在部分水利工程改建扩能以及病险工程除险加固过程中,利用纤维增强复合材料对部分基础、承重结构等进行补强加固处理。例如,某既有工程水工建筑物使用多年后由于承受荷载的作用及其所处环境的影响,导致其地基基础存在部分承载力不足的情况,在实际施工过程中,采用碳纤维增强复合材料对该部分结构进行补强处理。

经加固后采用静载试验及变形监测得知,补强区段的承载力可提高约20%,相同荷载作用下变形值减小约30%,且复合材料加固工期相比传统加固方法缩短约40%,对现有结构运营干扰较小,在水利基础补强方面具有较高的适用性和效率。

3.4 综合应用效果与工程经济性分析

在水利工程地基加固施工过程中运用新型复合材料不仅可以提升工程质量及结构安全性,也能够一定程度上对工程造价进行有效控制。虽然某些新型复合材料的价格会比传统材料高,但是由于其能够有效提升地基加固效果,并且能降低重复施工的概率以及增强结构耐久性能,并不会产生过高的综合费用。因此,在合理的选型及优化设计方案的前提下,新型复合材料基础处理方案的全寿命成本将下降约8%~12%。

其次,新材料可操作程度较高,质量较易保障,在一定程度上降低了施工难度及后期维护成本。从上述对比监测结果来看,其对原地基承载力、抗渗透能力以及整体稳固程度均有一定提高,满足水利工程基础加固施工需求,可在今后实际应用过程中得到更加广泛的应用与发展。

4 新型复合材料在水利基础处理中的应用注意事项

4.1 强化材料选型与工程地质条件的针对性匹配

新型复合材料种类繁多,在强度、变形模量及耐久性和环境适用性方面差别较大,并且对基础地质条件和受力特性有较强依赖性。实践经验表明,当软弱土层或高含水率粉细砂作为路基使用时,采用高模量复合加筋材料能有效控制沉降,沉降控制效果比常规土工织物提高约20%~30%;而卵石层或强风化岩层采用延性不够大的复合材料则容易产生局部破坏。因此,在施工前应对勘察结果进行综合分析,对材料进行适用情况调查,并根据具体情况采取试铺路段的方式确认是否适宜使用,防止选用不恰当的材料引发质量问题。

4.2 重视施工工艺控制,防范复合材料性能折减风险

复合材料对外界施工环境条件相对比较苛刻,在搬运、布设、搭接以及固化环节中容易受操作人员的影响而造成力学性能上的差异性。实践证明,如果复合材料布设不够紧绷或者搭接位置过短甚至搭接面未进行处理,则会造成复合材料的整体性减弱,导致加固效率大打折扣。某水利枢纽工程基底防渗帷幕处理项目数据显示,由于施工误差导致的复合材料的有效受力截面折减率可以达到10%~15%。因此,在施工过程中应严格执行专项施工方案,对铺设平整度、张拉控制值、锚固方式及节点构造进行全过程管控,同时加强隐蔽工程验收,确保复合材料性能得到充分发挥。

4.3 关注长期服役环境影响,提升工程耐久性保障水平

水利水电工程基础处理具有服役时间长、所处工况条件复杂等特点,新材料在长期水中浸泡、干湿循环、温差以及化学介质作用下性能的变化趋势应引起重视。研究表明和实际监测发现,在某些情况下,一些聚合物基复合材料在强碱性的地下水中使用20年后其强度可能降低到不足原来的

80%,耐久性的缺失有可能会降低工程的安全可靠性。因此,在选材环节需着重考量其耐久性能,根据情况采用表面防腐处理、增加复层等手段,增强其抵抗恶劣水工环境的能力^[5]。

4.4 完善质量管理与技术支撑体系,降低应用不确定性

水利工程项目中新型复合材料的应用与发展也对管理机制和技术水平提出了新考验,在一些项目中由于对材料规范认识不明确、试验条件有限及施工人员的技术水平等因素导致新材料未能充分发挥作用。在应用实践中,经过健全并实施适合复合材料特点的质量控制体系后,有关工程一次性验收合格率达95%以上。因此需在工程项目中建立完善材料进场检查、过程控制以及效果检测体系,并做好相关人员的教育工作以及技术交底,增强相关人员对于新复合材料性能原理及工艺方法的理解程度,减少在管理以及技术方面的不确定性,保障地基处理的质量以及施工的安全性。

5 结语

新型复合材料在水利基础处理中已具备较成熟的工程应用条件,其在复杂地质与高标准运行环境下展现出良好的适应性和综合效益。通过工程实例验证,复合材料在承载力提升、防渗性能改善及结构补强方面效果显著,有助于提高基础处理质量与工程安全水平。同时,材料选型合理性、施工过程控制及长期耐久性管理仍是制约应用成效的重要环节。未来,应结合水利工程特点进一步完善材料标准体系与技术规范,加强工程监测与数据积累,推动新型复合材料在水利基础处理领域的规范化、规模化应用。

参考文献

- [1] 张京超.纸基复合材料的力学性能及其在水利工程中的应用[J].华东纸业,2025,55(12):41-43.
- [2] 孙铭玉,周学玲.碳纤维增强环氧树脂基复合材料性能及在水利工程中的应用潜力[J].精细化工中间体,2025,55(05):66-70+88.
- [3] 张武,张元培,张伟,等.陶瓷基复合材料在水利工程防渗领域的应用与效能研究[J].佛山陶瓷,2025,35(10):39-41.
- [4] 杨帆,陈功,丁冬,等.水利工程防渗技术在新材料应用中的进展[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(24):189-192.
- [5] 王辉,刘明皓,刘国东,等.一种水利工程用防渗漏新复合材料制备及应用效果[J].粘接,2025,52(05):104-107.