

Study on sand and gravel foundation treatment technology based on geosynthetic materials

Sen Yang

Guoji Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

This paper explores the technology of treating gravel foundations using geosynthetic materials, analyzing the characteristics and engineering challenges of gravel foundations. It introduces the classification and performance of geosynthetic materials and details their application in gravel foundation treatment. Through case studies, it demonstrates the effectiveness of geosynthetic materials in practical engineering applications and proposes optimization measures for material selection, construction techniques, and design parameters. The study shows that geosynthetic materials can significantly enhance the load-bearing capacity of gravel foundations, reduce settlement, and minimize the risk of uneven settlement, indicating a promising future. Future research should focus on developing high-performance materials, optimizing construction techniques, and expanding the application of this technology across more fields.

Keywords

gravel foundation; geosynthetic materials; foundation treatment; engineering application; optimization measures

基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术探究

杨森

国基建设集团有限公司, 中国·山西 太原 030002

摘要

本文探讨了基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术, 分析了砂砾石地基的特性及工程问题, 介绍了土工合成材料的分类与性能, 并详细阐述了其在砂砾石地基处理中的应用。通过工程案例展示了土工合成材料在实际工程中的应用效果, 并提出了材料选择、施工工艺及设计参数的优化措施。研究表明, 土工合成材料能够显著提高砂砾石地基的承载能力, 减少沉降, 降低不均匀沉降风险, 具有良好的应用前景。未来应进一步开发高性能材料, 优化施工工艺, 推动该技术在更多领域的应用。

关键词

砂砾石地基; 土工合成材料; 地基处理; 工程应用; 优化措施

1 引言

在基础设施建设中, 砂砾石地基因其透水性和承载能力被广泛应用于水利工程和道路工程, 但易出现不均匀沉降、渗透变形等问题, 威胁工程安全。土工合成材料凭借质量轻、强度高、耐腐蚀等特性, 在地基处理领域显示出巨大潜力。

本文聚焦于基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术, 深入探讨其优势、适用范围及工程效果, 旨在为工程实践提供坚实的理论支撑与实用的技术指导。通过分析其在砂砾石地基处理中的作用机制, 结合工程案例展示其应用效果, 并提出优化措施, 助力提升地基处理的整体质量与效益。

2 砂砾石地基的特性及工程问题

2.1 砂砾石地基的定义与组成

砂砾石地基是由粒径大于 2 mm 的颗粒组成的土层, 其颗粒级配较粗, 粒径范围通常为几毫米到几十厘米。这种地基主要由河流冲积、洪积或冰川沉积形成, 广泛分布于河流冲积平原、山区洪积扇及冰川沉积区域。例如, 黄河中下游地区的河流冲积平原, 砂砾石地基厚度大, 承载能力高, 但也存在一些工程问题。

2.2 砂砾石地基的工程特性

砂砾石地基具有良好的透水性, 孔隙率大, 水流容易通过, 这在排水和降水工程中具有优势。然而, 其颗粒间的摩擦力和咬合作用较弱, 压缩性较大, 在长期荷载作用下容易产生较大沉降。此外, 砂砾石地基的颗粒大小不一, 力学性质存在差异, 导致地基的不均匀性较为明显, 可能引起建筑物基础的不均匀沉降, 进而影响建筑物的结构安全^[1]。

【作者简介】杨森(1989-), 男, 中国山西潞城人, 工程师, 从事新型材料在河道污染治理中的效能提升机制研究。

2.3 砂砾石地基的工程问题

砂砾石地基常见的工程问题包括不均匀沉降、渗透变形和抗剪强度不足。不均匀沉降可能导致建筑物基础倾斜、墙体开裂,影响正常使用。在高水头作用下,砂砾石地基可能发生渗透变形,如流土、管涌等,导致堤坝渗漏、水库渗漏等问题,严重影响工程的安全性。在边坡工程中,砂砾石地基的抗剪强度不足可能导致边坡滑动,特别是在寒冷地区,季节性冻土对砂砾石地基的影响也不容忽视,冻胀与融陷会导致地基变形,影响工程的稳定性。

3 土工合成材料的分类与性能及在地基处理中的作用机制

3.1 土工合成材料的分类与性能

土工合成材料主要包括土工织物、土工膜、土工格栅和土工网。土工织物分为机织和非织造两种,具有良好的透水性和过滤性能,适用于排水和过滤工程。土工膜按材料分为 HDPE 和 PVC 两种,具有良好的防渗性能,适用于防渗工程。土工格栅通过限制土体颗粒位移,提高地基稳定性,适用于大面积地基加固。土工网则用于边坡防护和排水。这些材料在地基处理中发挥加固、排水、隔离和过滤等作用,能够有效改善砂砾石地基的工程性能。

3.2 在地基处理中的作用机制

土工合成材料在地基处理中的作用机制主要包括加固、排水、隔离和过滤。加固作用通过限制土体颗粒的位移,提高地基的整体稳定性;排水作用利用其良好的透水性,加速地基中孔隙水的排出,减少孔隙水压力;隔离作用防止不同性质的土体相互混杂,保持地基的层次结构;过滤作用阻止土体颗粒随水流流失,防止地基发生渗透破坏。这些作用机制能够有效改善砂砾石地基的承载能力和沉降性能,提高工程的安全性和稳定性。

3.3 实际应用中的注意事项

在实际应用中,应根据砂砾石地基的具体工程特性及工程要求,合理选择土工合成材料的类型、规格和性能指标。同时,施工过程中要严格控制材料的铺设质量,包括平整度、搭接长度和固定方式等,确保施工质量符合设计要求。此外,结合工程监测数据,对设计参数进行动态调整和优化,以进一步提高地基处理效果^[2]。

4 基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术

4.1 土工织物在砂砾石地基处理中的应用

作为过滤层:在砂砾石地基与软土层之间铺设土工织物,能够有效防止软土颗粒进入砂砾石层,保持排水通道畅通。这种应用方式在水利工程中较为常见,例如在堤坝工程中,通过铺设土工织物防止软土颗粒流失,提高堤坝的稳定性。

作为隔离层:在不同粒径的砂砾石层之间铺设土工织物,能够有效防止颗粒混杂,提高地基的均匀性。在道路工

程中,通过铺设土工织物隔离不同粒径的砂砾石层,能够有效减少地基的不均匀沉降。

作为加筋层:在砂砾石地基中铺设土工织物,能够提高地基的抗剪强度和承载能力。通过土工织物与砂砾石颗粒之间的摩擦作用,限制颗粒的位移,提高地基的整体稳定性。

4.2 土工格栅在砂砾石地基处理中的应用

土工格栅的铺设方式:土工格栅的铺设方式包括水平铺设、垂直铺设和斜向铺设等。水平铺设适用于大面积地基加固,能够有效限制土体在水平方向上的变形;垂直铺设则适用于边坡加固,能够有效限制土体在垂直方向上的变形;斜向铺设则可以根据工程需要,灵活调整铺设角度,提高地基的稳定性。

土工格栅与砂砾石的相互作用:土工格栅的肋条与砂砾石颗粒之间的摩擦作用能够有效限制颗粒的位移,提高地基的整体稳定性。通过土工格栅的加固作用,能够显著提高砂砾石地基的抗剪强度和承载能力。

土工格栅的加固效果:室内模型试验表明,间距 0.5m 的土工格栅加固砂砾石地基,承载能力较未加固时提高 40%,沉降量减少 50%。某水利工程现场监测显示,加固后地基沉降速率降低,水平位移得到控制。如加固后 6 个月,沉降量仅为未加固时的 30%,水平位移减少 60%。这些数据证明合理铺设土工格栅能显著提高砂砾石地基的承载能力,减少沉降量,降低不均匀沉降风险,改善地基工程性能。这些结论为实际工程中土工格栅间距的合理确定提供了依据^[3]。

4.3 土工网在砂砾石地基处理中的应用

土工网的排水功能:在砂砾石地基中铺设土工网,能够加速地基中孔隙水的排出,减少孔隙水压力,提高地基的稳定性。土工网具有良好的透水性,能够有效防止土体颗粒随水流流失,保持排水通道畅通。例如,在港口工程中,通过铺设土工网,能够有效排除地基中的孔隙水,减少地基的沉降和变形。

土工网的防护功能:在边坡工程中,利用土工网防止砂砾石颗粒流失,保护边坡坡面。土工网的防护作用能够有效防止边坡受到雨水冲刷和风化作用,提高边坡的稳定性。例如,在山区公路边坡工程中,通过铺设土工网,能够有效防止边坡坍塌,保障道路的安全通行。

4.4 土工膜在砂砾石地基处理中的应用

土工膜的防渗功能:在需要防渗的砂砾石地基工程中,如水库、垃圾填埋场等,铺设土工膜能够有效防止地下水渗漏。土工膜具有良好的防渗性能,能够有效阻止水分的渗透,保护地基的稳定性。例如,在垃圾填埋场工程中,通过铺设 HDPE 土工膜,能够有效防止垃圾渗滤液渗漏,保护周边环境。

土工膜与土工织物的联合应用:在防渗工程中,土工膜与土工织物配合使用,既能满足防渗要求,又能保证排水

通畅,防止地基发生渗透破坏。土工织物能够有效防止土体颗粒进入土工膜,保护土工膜的防渗性能。例如,在水利工程中,通过土工膜与土工织物的联合应用,能够有效防止地基渗漏,同时保证排水通道畅通,提高地基的稳定性^[4]。

5 工程案例分

5.1 黄河堤坝加固工程砂砾石地基处理

工程概况:该工程位于黄河中下游地区,地基主要由砂砾石组成,厚度约为10 m。工程的主要功能是防洪和灌溉,设计洪水位为50年一遇。砂砾石地基具有良好的透水性,但存在不均匀沉降和渗透变形的风险。

地基处理方案:采用双向土工格栅加固地基,抗拉强度为100 kN/m,铺设间距为0.5 m。施工工艺包括地基清理、土工格栅铺设、砂砾石填筑等。施工过程中严格控制土工格栅的铺设质量,确保其平整度和搭接长度符合设计要求。

工程效果:通过现场监测数据,分析地基的承载能力、沉降量、不均匀沉降等指标的变化情况。监测结果显示,加固后的地基承载能力提高了30%,沉降量减少了40%,不均匀沉降的风险显著降低。工程运行3年后,未发现明显的沉降和变形问题,表明土工格栅加固砂砾石地基的效果良好。

5.2 京藏高速公路改扩建工程砂砾石地基处理

工程概况:该道路工程为京藏高速公路改扩建项目,全长50 km,设计车速为100 km/h。地基主要由砂砾石组成,厚度约为3 m。由于交通荷载较大,砂砾石地基存在不均匀沉降和承载能力不足的问题。

地基处理方案:采用非织造土工织物作为隔离层和加筋层,抗拉强度为50 kN/m,铺设层数为2层。施工工艺包括地基清理、土工织物铺设、砂砾石填筑、压实等。施工过程中严格控制土工织物的铺设质量和压实度,确保施工质量符合设计要求。

工程效果:对比处理前后的道路路基性能,平整度提高了20%,承载能力提高了25%,沉降稳定性显著改善。工程运行2年后,未发现明显的路基沉降和变形问题,表明土工织物结合压实法处理砂砾石地基的效果良好。

6 基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术的优化措施

6.1 材料选择优化

在选择土工合成材料时,应综合考虑砂砾石地基的工程特性、环境条件以及工程要求。例如,对于需要防渗的工程,应优先选择HDPE土工膜;对于需要加固的工程,高强度的土工格栅是更好的选择。同时,要评估材料的耐久性、环境适应性及成本效益,进行综合权衡。比如,在寒冷地区,应选择具有良好抗冻性能的材料;在经济条件有限的情况

下,性价比高的材料更为合适。此外,对比不同材料的综合效益,如土工格栅和土工织物的成本、施工难度、维护成本、使用寿命等,可以帮助工程技术人员在实际工程中做出更优的决策。

6.2 施工工艺优化

施工过程中,要严格把控土工合成材料的铺设质量,包括铺设的平整度、搭接长度、固定方式等细节。例如,土工格栅的搭接长度应不小于15 cm,并用U型钉固定,间距一般为1-1.5 m;土工织物采用缝接法连接时,缝接宽度应不小于10 cm,缝线间距一般为5-10 cm。合理安排土工合成材料的铺设与砂砾石填筑的配合,确保施工质量。在铺设土工织物后,应及时进行砂砾石填筑,避免材料长时间暴露老化。加强施工过程中的质量检测与控制,及时发现并处理施工中的问题,如压实度不足、材料损坏等,确保施工质量符合设计要求。

6.3 设计参数优化

基于土工合成材料与砂砾石地基的相互作用机理,合理确定设计参数。例如,通过室内试验和数值模拟确定土工格栅的最佳铺设间距为0.5 m,以达到最佳加固效果。结合工程监测数据,对设计参数进行动态调整和优化。在施工过程中,根据监测到的地基沉降和变形情况,及时调整土工格栅的间距和土工织物的层数,优化地基处理方案。在长期使用过程中,定期对地基进行监测,根据监测数据进一步调整设计参数,确保地基的长期稳定性,提高地基处理的整体效果。

7 结语

基于土工合成材料的砂砾石地基处理技术,正因其显著优势,在基础设施建设里不断拓宽应用场景。

从理论探讨到工程实践,我们发现,只要精准选材、优化工艺、科学设定参数,就能有效攻克砂砾石地基的沉降、变形等难题,显著提升地基的承载力与稳定性。未来,还得立足具体工程条件,做出理性选择,同时借助监测数据动态调整策略。而且,行业得持续投入研发,打磨出更优质的材料,让技术体系更完善,为我国基建事业的高质量发展添砖加瓦,推动这项技术在更多地基处理场景里发光发热。

参考文献

- [1] 沈振中,邱莉婷,周华雷.深厚覆盖层上土石坝防渗技术研究进展[J].水利水电科技进展,2015,35(05):27-35.
- [2] 吴景海,陈环,王玲娟,等.土工合成材料与土界面作用特性的研究[J].岩土工程学报,2001,(01):89-93.
- [3] 刘文白,周健.土工格栅与土界面作用特性试验研究[J].岩土力学,2009,30(04):965-970.
- [4] 束一鸣,吴海民,姜晓桢.中国水库大坝土工膜防渗技术进展[J].岩土工程学报,2016,38(S1):1-9.