

复合土工材料在建筑地基沉降控制中的应用

赵志勇, 赵景睿, 刘长静*

(德州景泽土工材料有限公司, 山东 德州 253000)

摘要 建筑地基沉降是岩土工程领域的常见隐患, 易引发结构开裂、功能失效, 缩短工程使用寿命并威胁安全。针对传统沉降控制方法适配性不足、效果有限的问题, 本文结合复合土工材料的加筋、排水、防渗特性, 通过理论剖析、参数优化与工程实测, 构建适配不同地基类型的材料选型、铺设方案及沉降控制体系, 明确材料性能与沉降控制效果的关联规律, 以期为建筑地基沉降控制提供技术参考。

关键词 复合土工材料; 建筑地基; 沉降控制; 选型优化

中图分类号: TU531.7; TU433

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.21.032

0 引言

建筑地基沉降控制是岩土工程的核心技术方向, 软土、岩溶等复杂地质区域中, 地基土压缩性与渗透性易诱发不均匀沉降, 直接影响建筑结构稳定与使用安全^[1]。传统沉降控制手段存在施工工序复杂、工期冗长、成本偏高的问题, 难以匹配现代建筑对沉降控制的高精度要求^[2]。本文聚焦复合土工材料的功能特性, 以理论分析为基础、工程实测为支撑, 探索其在地基沉降控制中的应用路径, 优化技术方案并验证应用成效, 为同类工程提供可借鉴的实践思路。

1 复合土工材料与建筑地基沉降的核心理论基础

1.1 复合土工材料的分类及核心性能

复合土工材料由两种及以上单一土工材料经复合工艺整合而成, 按功能可分为三类核心产品。加筋类以土工格栅为核心, 常见聚酯 PET (Polyethylene Terephthalate) 和玻璃纤维 GF (Glass Fiber) 两种材质, 二者受力特性各有适配场景, 可根据地基加筋需求灵活选用, 打破传统单一材质格栅的适配局限。排水类由土工布与排水板组合, 长丝针刺土工布作为核心组件, 可助力地基土体排水, 缓解土体软化^[3]。防渗类以高密度聚乙烯复合土工膜应用最广, 依托自身材质阻隔地下水渗透、保障地基稳定, 这种选型也兼顾了施工便捷与工程实用。

1.2 建筑地基沉降的形成机理及影响因素

建筑地基沉降源于荷载作用下地基土的压缩变形, 核心为土颗粒间孔隙水排出、孔隙体积逐步缩减, 这一变形过程可划分为瞬时沉降、固结沉降与次固结沉

降三个连续阶段。影响沉降的关键因素涵盖地基土自身属性、施加荷载的规模、施工工艺的实施细节及地下水的赋存状态^[4]。软土地基因土体结构特性, 沉降发生的概率与幅度相对偏高。研究中发现, 传统分析多割裂各因素间的联动关系, 本文将地基土属性与荷载工况动态关联, 更贴合实际工程的沉降演化规律。

1.3 复合土工材料控制地基沉降的理论分析框架

复合土工材料通过加筋、排水、防渗的协同作用实现沉降控制, 本文构建了“性能适配—机理阐释—效果预判”的理论分析框架。加筋作用依托材料与土体的摩擦嵌锁效应, 分散地基应力并提升土体抗剪强度; 排水作用加速孔隙水消散, 缩短土体固结周期; 防渗作用减少地下水渗透, 避免土体软化变形。框架以分层总和法为基础, 结合复合地基沉降计算模型, 引入沉降计算经验系数 ψ , 依据压缩模量 E 取值完成沉降量精准预判, 为后续技术方案设计提供核心理论支撑。

2 复合土工材料的选型优化及性能适配分析

2.1 不同地基类型的复合土工材料选型原则

复合土工材料选型需锚定地基土性质、沉降控制需求与工程成本, 遵循性能匹配、经济合理、施工便捷的核心准则。软土地基优先选用排水型与加筋型复合材料, 搭配长丝针刺土工布与双向 PET 土工格栅; 岩溶地基重点采用防渗型 HDPE (High-Density Polyethylene) 复合土工膜, 辅以加筋材料提升结构整体性; 砂土地基选用高强度土工格栅, 增强土体抗液化能力^[5]。选型过程需验证材料抗拉强度、渗透系数等核心参数, 确保与地基处理需求精准契合。

作者简介: 赵志勇 (1976-), 男, 专科, 研究方向: 机织高强聚酯土工布的性能。

***通信作者**: 刘长静 (1977-), 女, 本科, 研究方向: 机织高强聚酯土工布的性能。E-mail: 1033998416@qq.com

2.2 复合土工材料核心性能参数的优化设计

针对不同工程场景开展材料参数优化,软土地基排水用长丝针刺土工布选用 200 g/m² 规格,断裂强度不低于 10.5 kN/m, CBR (California Bearing Ratio) 顶破强力不低于 1.8 kN; 加筋用双向 PET 土工格栅标称强度取 20 kN/m ~ 30 kN/m, 网格尺寸设定为 20 mm × 20 mm。防渗用 HDPE 复合土工膜膜厚 0.5mm, 密度不低于 940 kg/m³, 拉伸屈服强度不低于 7 N/mm。参数取值同步匹配现行土工合成材料测试规范, 同批次材料需完成平行试验验证, 将参数离散性控制在工程允许区间内。参数优化需结合地基荷载计算结果开展, 避免过度设计造成成本浪费, 或参数不足导致沉降控制失效。

2.3 复合土工材料的兼容性及适配性验证

复合土工材料与地基土、施工工艺的适配性直接决定沉降控制效果, 需通过室内试验完成兼容性验证^[6]。在软土地基场景中, PET 土工格栅与粉质黏土的摩擦系数 ≥ 0.5, HDPE 复合土工膜与土体的黏结强度 ≥ 25 kPa; 岩溶地基场景下, HDPE 复合土工膜与注浆材料的黏结强度满足施工要求, 无剥离现象发生。试验过程同步控制环境温湿度与土体含水率, 最大程度还原工程现场土体的真实赋存条件。适配性验证采用室内剪切试验与现场试铺相结合的方式, 确保材料在实际工程中稳定发挥功能。

3 复合土工材料在建筑地基沉降控制中的施工工艺及应用

3.1 施工前期准备及地基预处理工艺

施工前期需完成地基勘察、材料进场检测与场地平整, 地基预处理工艺需依据土性特征针对性开展^[7]。软土地基采用换填垫层处理, 换填厚度 0.5 m ~ 1.0 m, 选用级配砂石作为垫层材料, 压实系数 $\lambda_c \geq 0.95$; 岩溶地基采用注浆加固工艺, 注浆压力控制在 0.3 MPa ~ 0.5 MPa, 注浆孔间距 1.5 m ~ 2.0 m。注浆完成后需开展钻孔取芯检测, 核验注浆体完整性与地基土体的加固效果。材料进场需检测抗拉强度、渗透系数等核心参数, 不合格材料严禁入场使用, 检测标准严格遵循相关标准, 保障施工基础满足设计要求。

3.2 复合土工材料的铺设工艺及关键控制要点

铺设工艺需结合材料类型制定差异化方案, 土工格栅采用纵向铺设方式, 搭接宽度不小于 150 mm, 搭接处通过缝合连接, 缝合间距控制在 200 mm 以内, 铺设时张拉应力维持材料抗拉强度的 30% ~ 50%。HDPE 复合土工膜铺设采用平铺法, 搭接宽度不小于 100 mm, 通过热焊工艺完成连接, 焊接温度控制在 180 °C ~ 220 °C, 焊接强度不低于材料自身强度的 80%。排水型土工布铺设需与排水板配合, 排水板间距 1.0 m ~ 1.5 m, 插入深度直达硬土层, 确保排水通道畅通无阻。

3.3 复合土工材料应用的工程实测及数据对比

选取软土地区住宅地基与岩溶地区厂房地基开展工程实测, 分析复合土工材料的沉降控制效果。实测采用沉降观测仪, 观测周期为施工完成后 6 个月, 记录不同时段沉降量, 同步采集未采用复合土工材料的传统地基沉降数据, 通过对比明确材料应用价值。表 1 为两类工程的实测数据统计, 直观呈现复合土工材料的沉降控制成效。

从表 1 数据能直观地看到, 软土地基采用 PET 土工格栅与长丝土工布复合应用后, 6 个月累计沉降量降至 28 mm, 沉降速率 0.15 mm/d, 相较于传统工艺沉降量大幅缩减; 岩溶地基采用 HDPE 复合土工膜与 GF 土工格栅后, 累计沉降量 19 mm, 沉降速率 0.10 mm/d, 沉降稳定性显著提升。两类地基的实测结果表明, 复合土工材料可有效抑制沉降发展, 降低沉降速率, 且适配不同地质条件, 应用效果稳定可靠, 完全符合工程设计要求。

3.4 施工过程中的质量控制及常见问题处理

施工质量控制聚焦材料铺设、连接与地基压实三个核心环节, 铺设前需清理场地杂物, 避免尖锐物体刺破材料; 连接部位需开展抽样检测, 确保连接强度达标^[8]。现场安排专人全程跟进作业全流程, 对铺设、焊接、碾压等关键工序完成逐段逐项的复核。施工中常见问题包括材料搭接不规范、焊接不牢固、地基压实不足, 针对此类问题需重新搭接缝合、补焊处理, 对压实不足区域开展二次碾压, 保障压实系数满足设

表 1 不同地基类型复合土工材料应用沉降实测数据

地基类型	复合土工材料类型	6 个月累计沉降量 (mm)	沉降速率 (mm/d)
软土地基	聚酯土工格栅 + 长丝土工布	28	0.15
软土地基 (传统工艺)	无	65	0.36
岩溶地基	HDPE 复合土工膜 + 玻璃纤维格栅	19	0.10
岩溶地基 (传统工艺)	无	42	0.23

计标准。质量控制需全程跟踪检测，留存完整检测记录，确保施工质量符合规范要求。

4 复合土工材料沉降控制效果评价及优化策略

4.1 沉降控制效果的评价指标及评价方法

沉降控制效果评价选取累计沉降量、沉降速率、不均匀沉降差三个核心指标，评价标准遵循建筑地基基础工程施工质量验收规范^[9]。累计沉降量需控制在设计允许范围，软土地基允许沉降量≤30 mm，岩溶地基允许沉降量≤20 mm；沉降速率稳定后需≤0.2 mm/d；不均匀沉降差需≤0.002。观测点位布设覆盖建筑角点、

中点及荷载突变位置，按固定周期完成连续数据采集。评价采用现场观测与理论计算结合的方式，对比实测数据与设计值，分析材料应用效果，判断是否满足工程使用需求。

4.2 不同工况下复合土工材料的沉降控制效果对比

选取不同荷载、地质工况开展对比分析，明确复合土工材料的适配性特征。表2为不同工况下的实测数据统计，为材料选型与工艺优化提供数据支撑。

表2呈现的不同工况数据显示，低荷载软土地基累计沉降量18 mm，不均匀沉降差3.2 mm；高荷载工

表2 不同工况下复合土工材料沉降控制效果对比

工况类型	复合土工材料类型	累计沉降量（mm）	不均匀沉降差（mm）
低荷载（20 kPa）软土地基	聚酯土工格栅+长丝土工布	18	3.2
高荷载（40 kPa）软土地基	聚酯土工格栅+长丝土工布	28	4.5
裂隙发育岩溶地基	HDPE复合土工膜+玻璃纤维格栅	22	2.8
裂隙不发育岩溶地基	HDPE复合土工膜+玻璃纤维格栅	15	2.1

况下累计沉降量升至28 mm，不均匀沉降差为4.5 mm，荷载增加带来沉降量上升，不过数值仍在设计允许范围内。裂隙发育岩溶地基累计沉降量22 mm，不均匀沉降差2.8 mm；裂隙不发育工况下累计沉降量15 mm，不均匀沉降差2.1 mm，裂隙发育会加剧沉降量与不均匀性。不同工况下复合土工材料均能有效控制沉降，高荷载、裂隙发育工况下需针对性优化材料参数，进一步提升控制效果。

4.3 复合土工材料沉降控制的优化策略及应用展望

高荷载软土地基选用高强度PET土工格栅，标称强度提升至30 kN/m~40 kN/m，搭配加厚型土工布，增强加筋与排水效果；裂隙发育岩溶地基采用双层HDPE复合土工膜，增加防渗层数与结构整体性^[10]。优化后需通过室内试验与现场试铺验证效果，确保沉降控制指标达标。通过工程实践发现，传统沉降控制仅关注静态参数设计，忽略动态工况影响，通过传感器实时采集沉降数据，动态调整材料铺设参数，拓展复合土工材料在复杂地质场景中的应用范围，提升沉降控制的精细化与长效性。

5 结束语

本文围绕复合土工材料在建筑地基沉降控制中的应用展开研究，解决了传统沉降控制方法适配性不足、效果有限的核心问题，通过工程实体验证了材料的应用成效。构建了“理论分析—选型优化—施工控制—效果评价”的完整技术体系，为建筑地基沉降控制提供了技术参考，但是对极端地质条件下材料的长期稳

定性研究还不够深入。未来将聚焦复杂地质场景，结合新型复合土工材料研发，完善技术体系，提升沉降控制的长效性与可靠性。

参考文献:

[1] 王艳,曹林佳.水利工程用土工膜材料与施工导流方案优化设计[J].粘接,2026,53(03):755-758.
[2] 王之辉.建筑施工中的地基处理与基础施工技术研究[J].城市建筑,2026,23(04):221-224.
[3] 刘善华.橡胶复合土工材料在边坡防护工程中的加固效果与耐久性[J].中国轮胎资源综合利用,2026(02):132-134.
[4] 刘立亭,杜辉.复合土工膜在小水库坝体防渗加固中的应用分析[J].河南水利与南水北调,2025,54(12):39-41.
[5] 李凤会.土工合成材料在防洪堤防溢流防护中的应用研究[J].水利科学与寒区工程,2025,08(08):104-107.
[6] 高珍珍,章纬之.粘性土地基下高层建筑基础沉降不同计算方法与实测对比分析[J].广东建材,2025,41(08):107-110.
[7] 危福兵,曹健辉.高层建筑地基长期沉降评价研究[J].四川建材,2025,51(06):140-142.
[8] 路世龙.复合土工膜施工技术及其质量控制探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(05):66-68.
[9] 秦浩.建筑地基沉降检测与加固处理措施研究[J].新城建科技,2025,34(04):138-140.
[10] 朱广鳌.特殊地质条件下高层建筑物地基沉降分析[A]2024年全国土工工程施工技术交流会议论文集(下册)[C].《施工技术》杂志社,施工技术编辑部,2024.