

# 土工合成材料在软土地基加固中的变形协调机制与工程应用探讨

徐海娟

扬州市建筑工程质量检测中心有限公司 江苏 扬州 225009

**【摘要】**：软土地基因强度低、压缩性高、透水性差，易引发工程结构失稳与过量沉降。土工合成材料凭借其抗拉、防渗、排水等特性，在软基加固中展现显著优势。其变形协调机制通过约束土体侧向位移、分散应力传递、促进排水固结实现加固效果。本文阐述该机制作用原理，说明工程中材料选择、施工工艺、参数设置等实现协调的方式，分析其在提高地基承载力、控制沉降、加速固结方面的效果，为相关工程提供理论与实践参考。

**【关键词】**：土工合成材料；软土地基；变形协调；加固技术；工程实践

DOI:10.12417/2811-0536.25.11.013

## 引言

在现代建筑、交通等基础设施建设领域里，软土地基的广泛分布已成为工程建设面临的主要挑战之一。这类地基往往具有含水量高、压缩性大、抗剪强度低等不良力学特性，其承载能力与稳定性难以满足工程建设要求，使得地基处理成为保障工程质量与安全的关键环节。传统的软土地基加固方法，如换填法、堆载预压法等，普遍存在施工成本高昂、工期冗长、加固效果不稳定等问题。深入研究土工合成材料在软土地基加固中的变形协调机制及工程应用，对于提升工程建设的安全性及经济性具有重要的现实意义。

## 1 土工合成材料与软土地基的变形协调原理

土工合成材料与软土地基的变形协调基于材料与土体的力学互作。其高抗拉性能是变形协调的核心，当软土地基受荷发生侧向变形时，土体拉应力传递至材料，材料以强抗拉能力抑制土体位移。材料与土体间的界面摩擦特性至关重要，其粗糙表面与土体颗粒咬合，能够将集中应力扩散，优化土体应力分布，使地基受力更均匀，为变形协调筑牢力学基础。

在排水固结方面，土工合成材料的多孔结构对软土地基的变形协调起到了重要的推动作用。软土地基富含孔隙水，在荷载作用下，孔隙水压力的消散速度直接影响地基的固结进程和最终变形量。土工合成材料的孔隙网络为孔隙水的排出提供了高效通道，相较于单纯依靠土体自身的排水路径，显著缩短了排水距离，加快了孔隙水压力的消散速度。随着孔隙水不断排出，土体颗粒逐渐密实，有效应力增加，地基发生固结变形。在此过程中，土工合成材料与土体同步变形，其延伸性与土体的压缩性相互匹配，使得地基变形更加均匀且可控。

从复合受力体系的角度分析，土工合成材料与软

土地基通过变形协调形成了一个有机整体。在承受上部荷载时，土体主要承担垂直压力，而土工合成材料则通过抗拉、抗剪等力学性能约束土体的侧向变形，并参与应力传递。二者共同作用，改变了土体原有的受力模式，将单一的土体承载转变为土体与材料协同承载的复合受力模式。这种复合体系的形成大幅提升了地基的整体刚度，使地基在承受荷载时能够以更稳定的状态发生变形。

## 2 实现变形协调的工程技术路径

合理选择土工合成材料类型是实现变形协调的首要环节。不同类型的土工合成材料具有不同的物理力学性能，适用于不同工程需求。对于排水固结要求较高的软土地基工程，无纺土工织物是理想选择。其独特的纤维编织结构赋予材料良好的透水性，能够快速排出土体中的孔隙水，加速地基的固结过程。无纺土工织物还具备一定的过滤性能，可防止土体颗粒随水流流失，保证排水通道的畅通。而在需要增强地基整体性和稳定性的场景中，土工格栅则发挥着不可替代的作用。其网格状结构能够与土体形成机械咬合，当土体受力变形时，格栅通过与土体颗粒的相互嵌固作用，限制土体的侧向位移，增强土体的抗剪强度，从而有效提高地基的承载能力和稳定性。

施工过程中的技术控制对实现变形协调至关重要。铺设土工合成材料时，必须确保材料表面平整，避免出现褶皱或扭曲。因为褶皱会改变材料的受力路径，导致应力集中，削弱材料的加固效果，甚至可能引发材料局部破坏。材料的搭接长度需严格满足设计要求，合理的搭接能够保证应力在材料之间的有效传递，避免因搭接不足导致的界面分离或滑动。在实际施工中，可采用缝合、粘接或U型钉固定等方式确保搭接部位的牢固性。选择合适的锚固方式是防止材料滑移的关键。

在工程设计与施工中,需综合考虑软土厚度、土体力学性质及上部荷载等因素,合理确定土工合成材料的加筋层数与间距,避免材料浪费或加固不足。可通过数值模拟与现场试验优化加筋参数,以确保材料受力均匀。将土工合成材料与预压法、强夯法等技术协同使用,能发挥技术优势。以预压法为例,填土荷载促使土体排水固结,土工合成材料与地基土共同变形并趋于稳定,既加速固结,又增强地基整体性能,保障变形协调机制有效发挥。

### 3 变形协调机制的工程应用效果

变形协调机制在软土地基工程中的应用,对地基承载力提升具有显著作用。传统软土地基由于土体强度低、压缩性大,承载能力有限,难以满足上部结构的荷载要求。而引入土工合成材料后,通过二者的变形协调形成复合地基,改变了地基的受力模式。在复合地基中,土工合成材料通过抗拉作用约束土体的侧向变形,将上部荷载产生的应力向周围土体扩散,从而降低了地基表面的应力集中程度。材料与土体之间的相互作用增强了土体的抗剪强度,使地基能够承受更大的垂直荷载。这种应力分散和强度增强的协同效应,大幅提高了地基的承载能力,有效降低了地基发生剪切破坏或整体失稳的风险,为上部结构的安全稳定提供了可靠保障。无论是道路工程中的路基填筑,还是建筑工程中的地基处理,采用土工合成材料加固后的软土地基均能在满足设计荷载要求的展现出良好的承载性能。

在控制地基沉降方面,变形协调机制至关重要。软土地基受荷易产生大沉降,尤其是不均匀沉降会威胁上部结构安全,引发建筑物倾斜、开裂甚至倒塌。土工合成材料通过与土体协同变形,约束侧向位移,降低总沉降量;其应力扩散特性使地基表面应力分布

更均匀,进一步减小不均匀沉降差。实际工程中,无论是高速公路路基还是高层建筑地基,经土工合成材料加固后,沉降均得到有效控制,保障了上部结构功能与寿命。材料优异的耐腐蚀性和抗老化性能确保其在长期荷载下力学性能稳定,能够持续约束地基变形,防止因材料性能退化导致沉降反弹或加剧。

从工程建设时效性角度,变形协调机制显著提高了施工效率。软土地基排水固结缓慢是工期延误的主因,而土工合成材料的排水特性可大幅缩短固结周期。传统地基处理依赖土体自然排水,达到设计固结度常需数月甚至数年;采用土工合成材料后,孔隙水通过材料孔隙网络快速排出,加速土体密实,使地基能更快满足施工要求。这一技术在大型基建项目中成效显著。港口码头、机场跑道建设中,将土工合成材料与预压法结合,可有效缩短地基处理时长,保障工期并降低成本,实现经济效益与社会效益双赢。该机制在不同地质和荷载条件下均具有良好的适应性,为各类软土地基加固提供了可靠的方案。

### 4 结语

变形协调机制是土工合成材料加固软土地基的核心,其本质是通过材料与土体间复杂的界面摩擦、嵌固及应力传递等相互作用,实现地基性能的系统性提升。在工程实践中,该机制可有效约束土体侧向位移,将荷载均匀扩散至深层土体,在提高地基承载力、控制工后沉降、增强整体稳定性等方面效果显著。未来,可通过研发高模量、耐酸碱、生物可降解的新型土工合成材料,优化数值模拟与理论设计体系,并结合BIM与智能监测技术实现施工过程动态调控,推动该技术在滨海滩涂、沼泽湿地等复杂地质条件下的创新应用,为工程建设提供更高效、环保的地基处理方案。

### 参考文献:

- [1] 刘松玉,杜延军.土工合成材料加筋软土地基的工作机理[J].岩土工程学报,2021,43(5):821-830.
- [2] 高玉峰,黄晓明.土工合成材料在软基处理中的应用研究进展[J].中国公路学报,2022,35(2):1-15.
- [3] 张顶立,房倩.软土地基加固中土工合成材料的变形特性研究[J].岩石力学与工程学报,2020,39(8):1678-1687.