

软土地基高速公路施工中的沉降控制技术研究

徐 群

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要]近年来,我国高速公路行业得到了非常迅速的发展,其施工建设水平的提高对国家经济发展也有非常重要的意义。我国地域辽阔,在高速公路工程施工过程中常遇到软土地基,需要做好软土地基的处理工作,才能保证高速公路的承载力和使用寿命。因此,公路施工单位在进行高速公路的施工过程中,还需要加强对软土地基的重视力度,在结合当地地质和气候特点的基础上,采取针对性的软土地基处理技术,为后续高速公路施工奠定良好的基础。

[关键词]软土地基;高速公路;公路施工;沉降控制技术

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15719

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Settlement Control Technology in Soft Soil Foundation Expressway Construction

XU Qun

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: In recent years, China's highway industry has experienced rapid development, and the improvement of its construction level is of great significance to the country's economic development. China has a vast territory, and soft soil foundations are often encountered during the construction of highways. It is necessary to do a good job in the treatment of soft soil foundations in order to ensure the bearing capacity and service life of highways. Therefore, highway construction units need to strengthen their attention to soft soil foundation during the construction process of highways. Based on the local geological and climatic characteristics, targeted soft soil foundation treatment techniques should be adopted to lay a good foundation for subsequent highway construction.

Keywords: soft soil foundation; expressway; highway construction; settlement control technology

引言

随着我国高速公路建设的持续推进,软土地基已成为影响施工质量及道路长期稳定性的重要因素。承载力较低、沉降性较大的软土地基,常常导致路面不均匀沉降、裂缝甚至基础破坏,从而给工程施工带来了巨大的挑战。有效控制软土地基的沉降,已成为当前高速公路施工中的关键问题。为应对这一难题,多种沉降控制技术已在工程界提出。尽管传统的沉降控制方法,如重力式基础、桩基加固及地基加固技术,在一定程度上能够改善地基的稳定性,但在复杂地质条件下,其效果是有限的。近年来,预压法、深层搅拌法与地基注浆技术等新型沉降控制手段,已逐步应用于实际工程中,展现出了更优的效果与经济性。然而,在实际应用过程中,适用性、施工成本与环境影响等方面的挑战仍然存在。因此,深入研究这些技术的实际效果,并探讨其优化途径,已成为高速公路施工中的重要课题。本文旨在分析软土地基沉降控制技术的现状与发展趋势,以为未来高速公路项目提供理论依据与实践指导。

1 软土地基对高速公路施工的影响

软土地基对高速公路施工的影响,主要体现在其特殊的力学性能与不均匀性。由于软土地基承载力较低且压缩性较高,当高速公路承受重载荷时,显著的沉降往往会发生。这种沉降不仅威胁路基的稳定性,还可能引起路面不

均匀沉降,进而导致裂缝、坑洼等问题,从而对交通安全及道路使用寿命产生不利影响。此外,土体结构通常较为松散,水分含量较高,且土壤变形性强,软土地基的特性使得沉降现象的持续时间较长,且施工后仍可能继续发生。动态沉降特性要求在工程设计与施工中,长期变形的影响必须得到充分考虑,以防止对路面与结构造成持久性损害。鉴于软土地基的较高水分含量与较低强度,施工过程中,若不采取加固措施,则可能导致不均匀沉降,从而影响施工质量、进度,并增加后期的维护成本。

2 软土地基沉降控制技术的应用

2.1 传统沉降控制方法

2.1.1 重力式基础

重力式基础是一种利用基础自身重量来抵抗土壤沉降力的传统控制方法,已广泛应用于软土地基的道路与桥梁施工中。其基本原理是通过将较重的基础结构直接放置于地基上,依靠基础自重来增强对地基沉降的抵抗能力,从而避免因沉降过大而导致的结构变形。通常,重力式基础由混凝土或石材等高密度材料构成,其设计要求必须具备足够的重量与体积,以确保其能够有效地承受地基压力并分散负荷。该基础类型的优点在于施工简便、技术成熟,建造速度较快,特别适用于地基承载力较低的区域^[1]。尤其是在软土地基中,能够显著减缓沉降过程。然而,重力

式基础也存在一些局限性，主要表现在其占地面积较大、成本较高。此外，对于某些软土地基，单纯依靠重力可能无法有效控制沉降，此时，往往需要结合其他加固手段，以进一步提升沉降控制效果。

2.1.2 桩基技术

桩基技术是一种广泛应用于软土地基的沉降控制方法，尤其适用于承载力较低或沉降较为显著的地基条件。通过将基础结构的荷载传递至更深层的土壤或岩石，地基的沉降量得到了有效减少。其基本原理是利用桩的长柱形结构，将负荷集中传递到承载力较强的深层土层，从而依靠桩体的承载能力减少地表沉降。桩基可分为摩擦桩与端承桩两类。摩擦桩主要依靠桩与周围土体之间的摩擦力来传递荷载，而端承桩则通过桩端与深层坚硬土层的接触力承担荷载。该技术的优点在于能够有效分散负荷，减缓沉降速度，并且具有较强的适应性。针对不同的土壤条件与工程需求，可以选择合适的桩型与桩深。常见的桩型包括沉管桩、钻孔桩、预应力桩等，每种桩型在特定应用场景下均具有不同的优势。然而，桩基技术也存在一定的局限性。其施工过程相对复杂，成本较高，且在一些地质条件下，桩基的承载能力可能会受到不均匀地层的影响，从而导致施工后沉降控制效果不尽如人意。

2.1.3 地基加固技术

地基加固技术是一种传统的沉降控制方法，旨在通过改善软土地基的力学性质，提升其承载力与稳定性，从而有效减少沉降对结构的影响。通过这些加固技术，软土地基的物理性能得到了显著改善，承载力被增强，为高速公路及其他重载建筑提供了坚实的基础。常见的地基加固技术包括深层搅拌、预压法、固结法及灌浆加固等。例如，深层搅拌技术通过机械搅拌，将水泥、石灰等固化材料与软土地基混合，形成具有较高强度的土体，从而提高土壤的抗压能力。预压法则通过在地面施加临时荷载，使土体在施工前完成大部分沉降，从而降低后期不均匀沉降的风险。固结法通过安装排水管道，促使土壤中的水分排出，加速土体固结并提升其强度。而灌浆加固则通过向土体注入水泥浆或化学浆料，填补土壤孔隙，增强其密实度与承载力。地基加固技术具有较强的适应性，可根据不同的地质条件与工程需求，选择合适的加固手段。此外，通常可以与其他沉降控制方法结合使用，以优化沉降控制效果。然而，地基加固技术的实施通常需要较高的施工成本与周期，且对施工过程中的技术要求较高。因此，在选择加固方案时，必须进行详细的地质勘察与技术评估，以确保加固效果与经济性之间的平衡。

2.2 新型沉降控制技术

2.2.1 预压法

预压法是一种通过施加额外荷载，使软土地基在施工

前提前发生沉降，从而减缓后期沉降的技术。该方法常用于软土地基承载力较低、沉降问题突出的地区，尤其适用于高速公路、铁路及大型建筑物的基础工程。基本原理是通过临时加荷，促进软土地基中水分的排出，加速土体的压缩与固结，从而达到地基加固与沉降控制的目的。实施预压时，通常通过在土层表面施加土堆、钢板等材料来增加荷载。荷载的大小及施加时长，依据地基土质特性与设计要求来确定。荷载作用下，土体中的孔隙水被挤出，土粒间的空隙逐步缩小，地基的强度与稳定性得到提高。移除荷载后，由于土体已完成大部分固结，后期的沉降幅度明显减少，沉降速度也大幅减缓^[2]。此方法的优势在于能够有效控制软土地基的沉降，降低工程建设过程中可能出现的风险。特别是在深层软土或高水位地区，预压法能显著提高地基承载力，减少不均匀沉降的风险。此外，预压法施工周期较短，实施简便，且成本相对较低，具备较好的经济性。然而，预压法的适用范围也有所局限，对于极深软土地基或强度较低的土层，加固效果可能有限。同时，预压法可能对周围环境产生影响，荷载的大小与施加方式需谨慎设计，以避免对附近建筑或地下设施造成负面影响。因此，在实际应用中，预压法通常需要与其他地基加固技术相结合，以获得更理想的沉降控制效果。

2.2.2 深层搅拌法

深层搅拌法是一种广泛应用于软土地基加固的技术，通过机械搅拌设备将水泥、石灰或其他固化材料与软土地基中的土壤混合，从而形成具有较高承载力和稳定性的固结土体，有效地控制沉降并提高地基的承载能力。此方法通常适用于地基土体松散、承载力不足或沉降风险较大的区域，尤其在高速公路、机场跑道、桥梁等大型基础设施项目中得到了广泛应用。核心原理是利用机械搅拌桩（或搅拌桩群）将固化剂与土体充分混合，改变土壤的力学性质，提高土体的密实度及抗压强度。通过这一过程，原本松散的土层被改性为具有较高强度和稳定性的固结土层，使得在荷载作用下，地基的沉降速率和幅度得到了有效抑制。深层搅拌法的一个显著优点是施工灵活且适用范围广，尤其在处理大面积软土地基或深层软土时，表现出明显的优势。与传统加固方法相比，深层搅拌法不仅能够均匀加固整个土体，还能避免深层土体不均匀加固导致的沉降问题。此外，通过调整固化剂的种类、配比及注入量，可灵活调控加固效果，从而适应不同地质条件下的施工要求。施工过程中，对环境的影响较小，并能有效减少对现有建筑物或基础设施的干扰，尤其适用于城市建设或基础设施密集的区域。然而，深层搅拌法也面临一些挑战，例如，较高的施工设备要求，且需要克服较大的土体阻力，施工周期相对较长。此外，固化剂的选择、搅拌桩的布局、搅

拌深度等因素将直接影响加固效果。对于某些极深的软土层或存在复杂地下水条件的土体,深层搅拌法的加固效果可能会受到限制。因此,在应用此方法时,必须综合考虑土层的物理化学特性、工程需求以及施工条件,以确保加固效果的最佳实现。

2.2.3 真空预压法

真空预压法是一种有效的软土地基加固技术,主要通过在地基表面施加负压来促进土体中的孔隙水排出,从而加速土体固结,达到减少后期沉降、提高地基承载力的目的。特别适用于深层软土或高水位地区,此方法对于改善软土地基的工程性能具有显著效果,已广泛应用于高速公路、铁路、堤坝以及建筑物基础的加固工程中。基本原理是在地基表面铺设透水材料,覆盖密封膜以形成密闭空间。在此密闭空间内,通过抽真空泵施加负压,使土体中的水分迅速排出。随着水分的排除,土体的孔隙逐渐缩小,土粒间的结构更加紧密,从而实现地基的加固与沉降预控。显著减缓沉降速度,且有效防止过度沉降对上部结构产生不利影响,这是这一过程的主要效果。真空预压法的优势在于,其能够显著提升软土地基的稳定性,并且可以根据土质条件灵活调节负压的大小及施加时间,从而精确控制加固效果。与其他加固技术相比,真空预压法通过物理手段促使土体固结,施工过程中对环境的影响较小,不产生大量废弃物,这使得它在城市建设或环境要求较高的地区具有明显优势^[3]。相比传统加固方法,真空预压法能够在较短的时间内实现大范围的沉降控制,特别是在深层软土层或土体细颗粒含量较高的地区,其效果更加显著。尽管如此,真空预压法也存在一定的局限性,尤其是在土层极为松软或地下水位波动较大的地区,负压的作用可能不足以有效加固深层土体。此外,施工过程中对负压的大小与施加方式的精确控制至关重要,以避免对周边环境及其他建筑物产生负面影响。由于其复杂的设备要求及较高的施工技术标准,真空预压法的应用成本较高,这在一定程度上限制了其广泛应用。

2.2.4 地基注浆技术

地基注浆技术是一种常用于软土地基加固及沉降控制的有效方法,主要通过将特定类型的浆液(如水泥浆、化学浆液或聚合物浆液)注入软土地基,以填充土体孔隙,增强土壤的密实度与承载力,从而减少沉降现象的发生。此技术,特别适用于软土、松散土层以及存在不均匀沉降风险的地基,效果显著。基本原理是,浆液通过渗透土体并填补空隙,进而改变土体的力学性质,提升其抗压强度与稳定性。常见的注浆方式包括高压注浆、低压注浆及深层注浆等。根据不同的地质条件与工程需求,注浆材料的选择及注入方式会有所调整。水泥浆主要用于提高土体的密实度与抗压能力,而化学浆液则适用于更深层次的加固,

特别是在具有化学反应特性的土壤中,能够增强土体的长期稳定性。地基注浆技术的优势在于其灵活性与高效性。在无需大规模开挖的情况下,土体的加固及沉降控制即可有效实现。最显著的优点在于,能够迅速提高软土地基的承载力,同时,施工过程中对周围环境的影响较小,特别适用于城市建设及已有结构的加固改造。通过注浆填补土体空隙,土体的密实度能有效增加,力学性能也得到改善,从而减少沉降及不均匀沉降的发生。此外,在地下水丰富或液态土层的地区,注浆技术能够有效阻止水分渗透,避免土体因水流冲刷而导致的不稳定。尽管地基注浆技术在沉降控制方面具有显著优势,应用时也存在一定局限性。注浆效果通常受到土层孔隙结构、土体渗透性以及浆液扩散能力等因素的影响,这可能导致在某些软土或复杂土层中无法达到预期的加固效果。注浆过程中,注浆压力、注浆量及浆液配比的精准控制尤为重要,施工技术要求较高。若操作不当,浆液可能会过量注入或渗透过度,进而影响周围结构或设施的安全性。此外,注浆后的土体长期稳定性亦需评估,特别是在某些特定地质条件下,注浆区域可能会存在逐渐劣化的风险。

3 软土地基沉降控制的监测与评估

软土地基沉降的监测与评估,在确保工程施工安全及后期稳定运行中,具有至关重要的作用。沉降通常表现为缓慢而持续的变化,这种变化可能对上部结构的稳定性与功能产生重大影响。故而,及时、精准地监测沉降并进行有效评估,显得尤为重要。监测工作的核心内容,主要包括沉降量、沉降速率以及沉降均匀性等方面。常用的监测手段,如地面沉降观测、钻孔沉降观测、GPS监测及自动化监测系统等,能够实现沉降数据的实时、连续采集,为后续的工程调整提供可靠依据。通过在地基上安装沉降点与测量仪器,工程技术人员可在不同施工阶段对地基沉降进行系统记录,从而判断沉降是否超出设计范围,评估其对上部结构的潜在影响^[4]。监测数据一旦获得,沉降评估则随之展开,分析土体沉降的变化趋势,并进一步评估其对上部结构的安全性、舒适性以及使用寿命的影响。通过与设计标准的对比,沉降是否处于正常范围,可被迅速判断。如果沉降超出了预期值,则需要修正或采取相应补救措施。评估过程中,结合土壤性质、地质勘察报告及荷载分布等多个因素,应对沉降发生的原因及未来可能的变化趋势进行综合分析。

4 结语

软土地基的沉降问题,在高速公路施工中,具有重要意义,直接关系到工程的质量与安全性。尽管传统的沉降控制方法,在一定程度上能够缓解这一问题,但在复杂的地质条件下,其效果往往是有限的。近年来,预压法、深层搅拌法及地基注浆技术等新型加固技术,展现出了更为

显著的控制效果。然而,在实际应用中,这些技术仍面临一些挑战,如适应性、成本以及对环境的影响等问题,亟需进一步的研究与优化。随着对沉降控制技术的不断改进与完善,未来有望在提升高速公路地基稳定性与安全性的同时,推动交通基础设施建设的可持续发展。更有效的解决方案,预计将会在复杂地质条件下提供,从而确保高速公路项目在长周期内的稳定运营。

[参考文献]

[1]龚红燕.高速公路施工中的软土路基施工技术研究[J].

运输经理世界,2023(26):28-30.

[2]刘志成,唐榛,王莹莹.高速公路施工中的软土路基施工技术分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(3):52-53.

[3]徐小林.高速公路工程施工中软基处理关键技术[J].工程技术研究,2021,6(9):77-78.

[4]段喜东.高速公路施工中的软土路基施工技术分析[J].运输经理世界,2020(14):85-86.

作者简介:徐群(1995.1—),男,现任职称路桥中级,籍贯:江西九江。