

软土地基路段道路沉降对桥梁接坡稳定性的影响分析

邹越旋

浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：软土地基沉降对桥梁接坡稳定性具有显著影响，特别是在软土地区，道路沉降可能导致桥梁接坡失稳。研究表明，软土地基的沉降过程主要受土壤性质、地下水位变化及交通荷载的影响。通过对沉降机制的深入分析，提出了一系列有效的防治技术，包括地基加固、沉降监测及施工过程中的严格控制。这些技术的实施能够有效降低软土地基沉降对桥梁接坡稳定性的影响，从而保障桥梁的安全性和长期使用稳定性。

【关键词】：软土地基；道路沉降；桥梁接坡；稳定性；防治措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.092

软土地基是许多道路与桥梁建设中不可忽视的一部分，其复杂的地质特性使得道路沉降现象频发。尤其在桥梁接坡处，地基的不均匀沉降可能导致结构的变形，影响交通安全。软土地基的沉降不仅是路面不平的表现，更直接影响桥梁的稳定性和使用寿命。因此，如何有效评估软土地基沉降对桥梁接坡的影响，并采取科学有效的措施进行控制，是工程界亟待解决的重要课题。通过对软土地基沉降机制的深入分析，可以为桥梁接坡的设计提供更加可靠的理论依据，进一步提升桥梁的安全性和工程的长期稳定性。

1 软土地基沉降的特性与机制

软土层的土质松软，承载力较低，常伴随高压缩性和易流变性，这使得其在道路和桥梁建设中容易出现沉降现象。沉降过程主要分为初始沉降、蠕变沉降和长期沉降几个阶段。初始沉降往往是由于荷载施加后，土体颗粒之间的空隙缩小引起的压缩；而蠕变沉降则是在荷载作用下，土体逐渐发生塑性变形的过程，通常发生在较长时间内，尤其是在有水分的软土地基上表现尤为明显。长期沉降通常与土体的固结性有关，随着时间推移，土壤中的水分逐渐排出，体积进一步减少，沉降逐渐趋于平稳。

软土地基的沉降不仅受到荷载的直接影响，还与土壤的物力学性质、地下水位、土壤的湿度变化等因素密切相关^[1]。在湿润环境下，土壤的流变特性尤其突出，土体的塑性与流动性增强，沉降加剧。地下水的流动也会对沉降产生深远影响，当水流进入土体时，容易改变土壤的结构，进一步促进沉降过程。土体的厚度、均匀性以及不同土层之间的应力传递差异，也会对沉降的发生及其速度产生显著影响。通过对这些因素的综合分析，可以揭示出软土地基沉降的复杂机理及其对桥梁接坡的影响。

土体中的非均匀沉降是软土地基沉降的一个重要特征。由于土层之间的物理属性差异，沉降发生不均匀，尤其是在桥梁

接坡位置，土体的不均匀沉降容易引起桥梁的位移、变形甚至裂缝。这种不均匀沉降主要表现在地基表层，由于地基土体的压缩性差异，会导致局部区域的沉降过大，形成不稳定的地基，进一步影响桥梁结构的安全性。

2 道路沉降对桥梁接坡的影响分析

软土地基地区的沉降，通常伴随着地基的不均匀压缩和流变特性，这使得道路沉降在桥梁接坡处的影响更加突出。当路面沉降发生时，桥梁接坡部分的土体随之发生变形，导致桥梁与路面之间的连接部分出现不协调。接坡区域的沉降通常比其他路段更加显著，因为该区域土壤的承载力较低，且桥梁结构本身对土体产生了较大的压力。沉降的发生不仅可能造成接坡部位的倾斜，还可能引发桥梁结构的局部破坏。当道路发生沉降时，桥梁接坡的土体会受到水平和垂直方向的双重影响。垂直方向的沉降会导致接坡部分的高度变化，使得桥梁与路面之间的配合失衡，进一步增加结构变形的风险^[2]。另一方面，水平位移则可能使接坡区域出现裂缝或松动，严重时还会导致桥梁接坡与路面之间的接触不完全，形成潜在的安全隐患。特别是在受交通荷载影响较大的路段，沉降的不均匀性将导致桥梁接坡的稳定性更为脆弱，可能引发更大的裂缝扩展或结构失稳。

沉降对桥梁接坡稳定性的影响还体现在长期的积累效应上。随着时间推移，土体不断承受荷载，沉降的幅度可能不断加大，这对桥梁接坡的长期安全性构成持续威胁。特别是在软土地基区域，由于土壤的高压缩性，沉降过程较为缓慢，但其影响则会随着时间的推移逐渐显现。此时，如果没有有效的监测和及时的工程干预，沉降所导致的地基变形可能导致桥梁接坡的局部或整体失稳，甚至发生桥梁结构的裂缝扩展和沉降失稳。沉降还会通过影响桥梁接坡的整体平衡，改变原有的结构力学性质，进而对桥梁的使用寿命产生长远的影响。桥梁接坡与道路路面之间的相互作用会随着沉降的增加变得更加复杂，

任何微小的沉降变化都可能对桥梁结构造成难以预料的影响。

3 桥梁接坡稳定性失稳的主要原因

桥梁接坡稳定性失稳的主要原因通常与软土地基的沉降、土体特性以及施工质量等多个因素密切相关。软土地基通常具有较低的承载力和较高的压缩性,这导致其在荷载作用下容易发生沉降,尤其是在桥梁接坡区域,由于土体的变形和沉降往往更为显著,因此接坡区域的稳定性常常较差。软土地基中,土壤颗粒间的空隙较大,水分含量较高,导致土体在受到荷载时容易发生压缩和流变现象,这会加速接坡处的沉降过程,使桥梁接坡区域在长期荷载作用下逐渐丧失稳定性。

沉降不均匀也是导致桥梁接坡稳定性失稳的重要因素之一。软土地基中的土壤层次不同,物理性质差异较大,导致在荷载作用下产生不同程度的沉降,进而引起接坡区的应力分布不均^[3]。这种不均匀的沉降会加剧接坡部分的变形,甚至在一些情况下,桥梁接坡会发生明显的裂缝和位移,严重时可能导致接坡与路面之间的接触失衡,进一步影响桥梁结构的整体稳定性。桥梁接坡失稳的另一个关键原因是地基承载力的不足。在软土地基中,地基的承载力通常较低,尤其在桥梁接坡区域,土层较浅或土质松软,承载能力难以满足桥梁与路面荷载的要求。地基承载力不足会导致接坡部位发生过度沉降,导致桥梁接坡发生位移或失稳。尤其是在遭遇超载或长时间交通荷载作用下,地基的逐步失稳可能会加剧沉降现象,进而影响整个桥梁的结构稳定性。

桥梁接坡稳定性失稳还与施工质量密切相关。在桥梁建设过程中,如果施工不当,地基处理不到位,或材料使用不符合规范要求,都可能导致接坡区域的沉降和变形。基础处理不足、排水系统设计不合理或土层压实不到位等,都可能成为桥梁接坡失稳的诱因。施工过程中的监测不及时,未能及时发现沉降和变形问题,也会导致桥梁接坡的稳定性逐渐下降。随着时间的推移,桥梁接坡的稳定性可能会受到长期环境变化的影响。地下水位的变化、气候条件的变化、以及土壤的自然老化过程都会改变土体的力学性质,进而影响桥梁接坡的稳定性。在地下水位变化时,软土地基的压缩性和渗透性可能发生显著变化,造成沉降加剧,甚至使桥梁接坡出现结构性失稳现象。

4 软土地基沉降防治技术与措施

针对软土地基的沉降问题,采取有效的防治措施不仅能提高地基的承载力,还能减少或避免桥梁接坡失稳。根据沉降发生的机理与特征,现有的防治措施主要集中在土体改良、沉降监测与控制、地基处理技术等方面。土体改良技术是防止软土地基沉降的主要手段之一。通过改良土体的物理和力学性质,可以提高其稳定性和承载能力。常见的土体改良方法包括深层

搅拌、喷射混凝土、土壤固化剂的应用等。这些技术能够显著提高软土地基的密实度与强度,减少沉降和变形。深层搅拌技术通过机械手段将水泥、石灰等固化材料与土壤混合,形成更为坚固的土体结构,提升地基的承载力与稳定性。喷射混凝土则通过高压喷射的方式对地基进行加固,适用于对地基进行加固和防水的需求。土壤固化剂则可以通过化学反应强化土体结构,提高其抗压强度。

沉降监测技术的应用是另一个重要防治手段。通过对软土地基进行实时监测,可以及时掌握土体沉降的动态变化,为防治工作提供依据。现代的沉降监测技术包括基于GPS的动态监测、光纤传感技术、自动化沉降计等^[4]。这些技术可以精确测量地基沉降的幅度和速度,并能够在沉降达到一定阈值时,及时采取补救措施。通过安装沉降传感器,可以监测地基在不同阶段的沉降情况,及早发现潜在的风险,避免沉降问题的进一步加剧。地基处理技术的应用也是防治软土地基沉降的重要措施。常见的地基处理方法包括预压法、真空预压法、表面排水法等。预压法通过施加外部荷载来加速地基沉降,减小后期沉降量。在软土地基处理过程中,预压法通常会结合地基加固技术一起使用,以确保土体在荷载作用下的稳定性。真空预压法通过在地基上方施加负压来加速地下水的排出,从而增加土体的固结度,减少沉降量。表面排水法通过在地基表面设置排水系统,快速排出多余的水分,减少软土的流变性,起到加速固结和减缓沉降的作用。

地下水控制与排水措施在软土地基沉降防治中也占有重要地位。地下水的流动不仅影响土体的压缩性,还可能加剧软土地基的沉降过程。通过对地下水位进行有效控制,可以减少软土地基中的水分流动,降低土壤的流变性,防止沉降过度。地下排水系统的设计和施工可以有效降低土体的水分含量,避免因水分过多导致的沉降加剧。施工过程中的加固与监测手段同样至关重要。对于桥梁接坡区,合理的施工方法可以有效减少沉降问题。施工前,土体的预处理与加固能够大幅提升地基的承载能力,从而减缓沉降的发生。在施工过程中,持续的沉降监测和动态调整施工方案可以及时发现问题,并采取针对性措施加以解决。施工过程中对土体的扰动和压实程度进行精确控制,可以有效避免软土地基的沉降和位移。软土地基沉降防治技术的发展,除了依靠以上传统方法外,近年来,越来越多的智能化、自动化技术也开始应用于防治工作中。基于智能监测系统的数据分析,能够预测沉降的趋势,并为后续的防治措施提供科学依据。新型地基处理材料与设备的出现,也为沉降问题的解决提供了更为先进的技术保障。

5 桥梁接坡稳定性保障策略与工程实践

为了有效保障桥梁接坡的稳定性,工程实践中采用了多种

策略,涵盖了从设计、施工到后期监测的多个方面。合理的设计方案对于桥梁接坡稳定性起着决定性作用。在设计阶段,应根据软土地基的具体情况,进行精细化的土质分析和力学计算,确保桥梁接坡部分的设计能够适应不同荷载情况下的沉降变化。设计时,还应考虑到地基承载力、沉降速度以及沉降的不均匀性,采用合适的结构形式与桥梁接坡设计,以最大限度降低沉降对接坡稳定性的影响。在施工过程中,地基处理与加固技术是保证桥梁接坡稳定性的重要手段。施工前,必须对软土地基进行详细的地质勘察,了解土壤的物理和力学性质,根据不同土层的承载能力,采取有针对性的处理措施。预压法、真空预压法、深层搅拌和土体加固等技术,都可以有效提升软土地基的承载力,减少沉降的发生。在施工过程中,施工工艺和施工顺序的合理安排同样至关重要,避免施工扰动过大引发地基的不均匀沉降。地基加固的措施可以在施工前期或过程中进行,通过增强土体的稳定性来减少未来沉降带来的不利影响。

对于桥梁接坡的长期稳定性保障,沉降监测技术起到了重要作用。使用现代化的沉降监测系统,可以实时掌握接坡部分的沉降动态,及时发现不均匀沉降等潜在风险,并根据监测数据调整养护和维护方案。光纤传感、自动化沉降计和GPS监测技术都可以提供高精度的数据支持,使得桥梁接坡的沉降和变形情况能够在第一时间得到反馈^[5]。在接坡区域设立多个沉降点,结合动态数据分析,能够有效预警沉降过大或失稳的情况,为后续的加固和调整提供决策依据。除了技术手段,桥梁接坡的稳定性保障还涉及到环境因素的控制。地下水位变化对

软土地基的影响不容忽视,特别是当地下水位上升时,软土地基的沉降现象可能加剧。通过合理设计排水系统,控制地下水位的变化,可以有效减缓沉降过程,减少地基的变形。土体的水分含量对沉降有着直接影响,桥梁接坡区域的排水系统需要根据现场的具体情况进行合理布置,确保土体能够快速固结,避免沉降过程中的水分积聚。

在桥梁接坡的日常维护中,定期的检查与加固也是保障其稳定性的关键。通过对接坡区域的结构进行定期检查,及时发现裂缝、变形等潜在问题,并采取相应的修复措施,可以延长桥梁的使用寿命,确保交通的安全。工程人员应根据沉降监测和检测结果,对接坡进行局部加固或重新设计,以应对长期荷载作用下出现的地基问题。养护和修复工作要紧密结合实际情况,灵活调整加固方案,确保桥梁接坡区域始终处于良好的稳定状态。通过结合科学的设计、施工技术、监测手段和后期维护,桥梁接坡的稳定性能够得到有效保障,最大限度地降低由于沉降等因素引发的安全隐患,从而保证桥梁的长期稳定运行。

6 结语

软土地基沉降对桥梁接坡稳定性的影响不可忽视,采用有效的防治技术与措施能够显著提高桥梁接坡的安全性。在设计、施工、监测和维护各个环节中,结合科学的理论与先进的工程技术,对于减少软土地基沉降引发的桥梁接坡失稳具有重要意义。未来,通过不断优化地基加固技术与沉降监测手段,可进一步提升桥梁的长期稳定性与使用寿命。

参考文献:

- [1] 杨远舟.深厚软土地基桥梁桩基稳定性控制方法与沉降监测分析[J].技术与市场,2025,32(11):117-121.
- [2] 涂强.市政道路桥梁施工中软土地基处理技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):103-106
- [3] 臧义稳,程若愚.软土地基施工技术在道路桥梁施工中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):148-151.
- [4] 樊清红.城市道路软土地基处理关键施工技术及其沉降控制研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(4):065-068.
- [5] 文志毅.市政道路软土地基碎石桩加固及变形监测分析[J].四川水泥,2025(10):229-231.