

高填方路基沉降控制技术在公路工程中的应用

贾春峰

信阳金路交通工程有限公司 河南 信阳 464000

摘要:高填方路基是山区公路建设中常见的路基形式,其沉降控制直接关系到路面结构的平整度与行车安全性。本文系统分析了高填方路基沉降的类型特征与产生机理,从地基处理、填料选择与压实、排水系统设计和施工工艺优化四个方面阐述了沉降控制的关键技术要点,并结合工程实例探讨了沉降监测与动态控制方法的应用效果,最后提出了高填方路基沉降控制技术未来发展的趋势与建议,为同类工程提供参考。

关键词:高填方路基;沉降控制;公路工程;地基处理;沉降监测

引言

随着我国交通基础设施建设的快速推进,公路工程逐渐向山区和丘陵等复杂地形区域延伸,高填方路基工程数量大幅增加。高填方路基由于填筑高度大、自重荷载显著,其沉降问题成为影响工程质量与运营安全的核心技术难题。如何有效控制高填方路基的沉降量及其发展速率,确保公路在全寿命周期内的使用性能,已成为公路建设中亟待解决的技术问题。国内外学者围绕这一课题开展了大量研究,取得了丰硕的工程实践成果。据统计,我国西部地区已建和在建的高填方路基公路里程已超过数千公里,其中相当比例的路基填筑高度在十五米以上。这些工程的沉降控制经验对于提升我国公路建设技术水平具有重要意义。高填方路基沉降主要包括瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降三种类型。高填方路基沉降主要包括瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降三种类型。其中固结沉降占总沉降量的比例最大,其发展过程持续时间长,是工程控制的重点和难点^[1]。不均匀沉降会导致路面开裂、桥头跳车等问题,严重影响行车舒适性与安全性。沉降控制不力不仅影响路面结构的完整性和行车安全性,还会大幅增加后期养护维修费用,降低公路工程的整体经济效益和社会效益。因此,系统研究高填方路基沉降控制技术具有重要的理论价值和工程实践意义。尤其是近年来频发的桥头跳车和路面纵向开裂问题,多数与高填方路基的沉降控制不当密切相关。这不仅影响公路运营安全,还造成了不良的社会影响,充分说明加强沉降控制技术研究的必要性和紧迫性。

1 高填方路基沉降机理分析

1.1 沉降类型与特征

高填方路基沉降按发生阶段可分为施工期沉降和工后沉降。施工期沉降主要由填土自重压缩和地基孔隙水排出引起;工后沉降则包括主固结残余沉降和次固结沉

降。工后沉降是影响路面使用品质的关键因素,其控制标准通常根据公路等级确定。瞬时沉降发生在施工加载瞬间,主要由土体骨架的弹性变形引起,其量值相对较小且在施工过程中即可基本完成。固结沉降则是孔隙水逐渐排出、有效应力增长导致的体积压缩,占总沉降的百分之六十至八十。次固结沉降是由土体骨架的蠕变变形引起的,其发展极为缓慢,可持续数年甚至数十年。

1.2 地基沉降机理

地基沉降是高填方路基沉降的主要来源。当路基下伏软土层时,填土荷载作用下软土层产生显著的压缩变形。软土的压缩性与渗透性决定了固结沉降的速率和总量,采用排水固结法或复合地基法可有效加速地基沉降并减少总沉降量。针对不同地质条件,应采取差异化的地基处理方案。对于深厚软土层,可采用水泥搅拌桩或预制管桩形成复合地基,显著提高地基承载力并减少沉降量。在条件允许的情况下,超载预压是最为经济有效的沉降控制手段^[2]。在地质勘察阶段,应详细查明地基土层的分布、厚度及物理力学性质,为地基处理方案的设计提供可靠的参数依据。勘察深度应不小于压缩层计算深度,必要时进行原位测试以获取准确的土体变形参数。

1.3 路堤自身沉降机理

路堤自身沉降源于填料的压缩变形,其大小取决于填料的工程性质和压实质量。粗粒土填料的压缩性较小,压实后沉降量有限;细粒土填料在饱水条件下压缩性增大,施工中需严格控制含水量与压实度。分层填筑与充分压实是控制路堤自身沉降的基本措施。碾压施工中应合理选择碾压机械类型与碾压参数。振动压路机适用于粗粒土的压实,凸块式压路机对黏性土具有较好的压实效果。碾压时遵循先轻后重、先慢后快、先两边后中间的原则,确保全宽范围内均匀压实。在填料运输和摊铺过程中,应注意防止填料离析。粗粒土摊铺后应检查其

级配是否满足设计要求,发现离析现象应及时进行人工拌和处理。

2 沉降控制关键技术

2.1 地基处理技术

地基处理是控制高填方路基沉降的首要环节。常用的处理方法包括换填法、排水固结法、强夯法和复合地基法等。换填法适用于浅层软土,将软土挖除后换填砂砾或碎石;排水固结法通过设置竖向排水体加速软土固结;强夯法利用冲击能密实地基土体。排水固结法是处理高填方路基软土地基的常用方法,通过在地基中设置塑料排水板或袋装砂井作为竖向排水通道,配合堆载预压或真空预压加速地基固结。该方法的处理深度可达二十米以上,适用范围较广。复合地基法的处理效果取决于桩体质量和置换率。水泥搅拌桩施工应严格控制水泥掺量、搅拌深度和提升速度,确保桩身强度和均匀性。预制管桩施工则应关注桩身垂直度和接桩质量,防止出现断桩或偏斜。

2.2 填料选择与压实控制

填料选择直接影响路堤的压缩性和稳定性。优先选用级配良好的粗粒土作为填料,限制细粒土和膨胀性土的使用。在压实控制方面,应严格按照规范要求分层填筑、分层压实,控制每层松铺厚度不超过规定值,采用重型击实标准进行压实度检测。对于含水量较高的细粒土填料,可采用晾晒或掺加石灰、水泥等结合料进行改良处理。改良后的填料强度显著提高,压缩性明显降低,可有效控制路堤自身沉降。改良土的施工应严格控制结合料掺量和拌和均匀性。施工含水量的控制对压实效果至关重要。填料含水量偏离最佳含水量过大会显著降低压实效果,导致后期沉降增大。

2.3 排水系统设计

完善的路基排水系统对控制沉降至关重要。地表水应设置截水沟、边沟和排水沟,防止地表水渗入路堤;地下排水可采用盲沟、渗井和仰斜式排水孔等措施降低地下水位。排水不畅会导致填料含水量升高,引发路堤软化与附加沉降。地下水位的变化对路基沉降具有显著影响。地下水位上升会导致填料有效重度降低,同时软化路基土体,引发附加沉降。在路基两侧设置纵向排水盲沟和横向排水管,可以有效截排地下水,维持路基稳定的湿度状态^[3]。在季节性冻土地区,还应考虑冻融循环对路基沉降的影响。路基填筑应在冻融影响深度以下进行,并在路堤上方设置防冻层。冬季施工时应采取保温措施,防止填料冻结导致压实不充分,引发冻胀融沉病害。

2.4 施工工艺优化

施工工艺对沉降控制效果具有决定性影响。合理的施工顺序安排和填筑速率控制,有助于地基强度的逐步增长。过快的填筑速率可能导致地基剪切破坏或产生过大的超孔隙水压力。建议采用信息化施工管理模式,根据沉降监测数据动态调整施工参数。分层填筑的层厚控制是施工质量的关键环节。高速公路和一级公路要求松铺厚度不超过三十厘米,压实后厚度不超过二十厘米。每层碾压完成后应及时进行压实度检测,合格后方可进行上一层填筑,严禁连续多层一次压实。

3 沉降监测与动态控制

3.1 监测方法与设备

沉降监测是评估控制效果和指导后续施工的重要手段。常用的监测方法包括水准测量沉降板法、剖面沉降仪法和GPS监测法等。沉降板法适用于长期定点观测;剖面沉降仪可连续测量路基横断面的沉降分布;GPS监测法具有全天候自动化监测的优势。沉降板是最为经济实用的监测手段,其埋设简单、读数直观,适用于大多数高填方路基工程。监测频率在施工期宜为每周一次,预压期可调整为每月一次,运营期至少每季度观测一次,特殊情况下应加密观测频次。剖面沉降仪适用于监测路基横断面内部的沉降分布规律,可直观反映路堤中心与边缘的差异沉降情况。该仪器的埋设应在填筑过程中同步进行,确保监测数据的连续性和准确性。

3.2 监测数据分析与应用

通过对监测数据的系统分析,可以评估路基沉降发展趋势,预测最终沉降量。常用的预测方法包括双曲线法、指数曲线法和Asaoka法等。监测数据还可用于验证设计参数的合理性,为后续路段的施工方案优化提供依据。基于监测数据的沉降预测应在施工早期即开始进行,以便及时评估沉降发展趋势。当预测的最终沉降量或工后沉降量超出设计控制标准时,应提前制定应对方案,避免在工程后期才采取补救措施导致工期延误和成本增加^[4]。沉降预测模型的选取应根据地基土性和监测数据的完整程度综合确定。双曲线法适用于沉降曲线已进入收敛阶段的预测;指数曲线法对初期沉降数据的拟合效果较好。建议同时采用多种方法进行预测比较,提高预测精度。

3.3 动态控制策略

基于监测数据的动态控制是精细化施工管理的核心。当监测发现沉降速率异常增大时,应及时暂停填筑,分析原因并采取相应措施。对于工后沉降超标的路段,可采用预压加载、注浆加固或微型桩加固等补强措施,确保路基沉降满足规范要求。注浆加固适用于已发生局部

沉降但尚未严重影响到路面结构的路段。通过向路堤内部压注水泥浆或化学浆液,填充孔隙并挤密土体,可有效控制沉降的进一步发展。加固方案应根据沉降原因和地质条件进行针对性设计。当路基沉降量较大且影响范围较广时,可采用加宽路堤并增设反压护道的方案。反压护道可以平衡路堤下软土层的侧向变形,减少地基侧向挤出引起的附加沉降。该方案施工简便、成本低廉,在软土地基处理中应用广泛。

4 工程实例分析

4.1 工程概况

以某山区高速公路高填方路段为例,该路段最大填方高度达二十二米,路基宽度为二十六米。沿线地层以残坡积黏土和强风化砂岩为主,局部存在软土夹层。工程采用了换填与强夯相结合的地基处理方案,并建立了系统的沉降监测网络。强夯处理深度可达八至十米,对处理浅层松软地基效果显著。施工中采用夯击能逐级增大的工艺,先进行低能满夯处理表层土体,再进行点夯处理深层土体。夯击参数通过现场试验确定,确保处理效果满足设计要求。监测断面的布设应具有代表性,一般每隔一百至二百米设置一个监测断面,在地形变化和地质条件复杂地段应加密布设。

4.2 沉降控制措施

施工中严格控制分层压实质量,采用冲击碾压补强技术对每层填土进行追加压实。排水系统设置了完整的截排水设施,并在路基两侧设置了深层水平排水管。填筑速率控制在每月不超过两米,确保地基有充分的固结时间。监测数据分析结果表明,换填与强夯相结合的地基处理方案对减少施工期沉降效果显著,联合处理后地基承载力提高了近一倍。冲击碾压补强技术的应用使得路堤压实度达到百分之九十六以上,有效降低了路堤自身压缩量。该工程在预压期的实际沉降量为设计预测值的百分之八十五,表明地基处理方案取得了预期效果。通车一年后的跟踪观测显示路面平整度保持在优良等级,各项技术指标均满足规范要求,验证了综合控制技术的可靠性。

4.3 监测结果分析

监测数据显示,经过预压期六个月后路基沉降基本趋于稳定,工后沉降量均未超过设计控制值。各监测断面的沉降分布较为均匀,未出现明显的不均匀沉降现象。工程实践验证了综合控制技术的有效性,为类似工程提供了宝贵的经验。本工程的成功经验表明,高填方路基沉降控制需要从设计、施工和监测三个环节协同发力。设计阶段应充分勘察地质条件并合理确定处理方案;施工阶段应严格管控填筑质量和施工速率;监测阶段应及时反馈数据指导动态调整。确保路基稳定。综合来看,

5 结语

本文围绕高填方路基沉降控制问题,系统分析了沉降机理,从地基处理、填料压实、排水设计和施工优化四个方面提出了关键技术措施,并通过工程实例验证了综合控制方案的有效性。新型轻质填料如泡沫轻质土和EPS块体的应用为高填方路基沉降控制提供了新的技术途径。未来高填方路基沉降控制技术将朝着智能化和信息化方向发展。建议加强新型地基处理材料与工艺的研发,推广自动化监测与智能预警技术的应用,不断提升高填方路基工程质量控制的技术水平。同时,应加强高填方路基长期性能的跟踪研究,建立全国性的路基沉降数据库,为设计规范的修订完善提供数据支撑。综上所述,本文所探讨的问题具有重要的理论意义和实践价值。研究成果可为相关领域的学术研究和实际应用提供有益参考。

参考文献

- [1]刘优平,陈宏.高填方路基沉降特性及控制技术研究进展[J].公路交通科技,2021,38(6):38-46.
- [2]张红,李强.公路工程高填方路基施工质量控制要点[J].交通世界,2022(18):90-93.
- [3]王晓东,赵明.基于监测数据的高填方路基沉降预测方法研究[J].岩土工程学报,2023,45(2):356-363.
- [4]陈建军,李伟.强夯法处治高填方路基沉降效果试验研究[J].公路工程,2022,47(6):134-140.