

# 水塘段软土路基基底清淤换填处理技术

廉玉亮<sup>1</sup>, 赵胜<sup>2</sup>

(1. 中交一航局第三工程有限公司; 2. 中交第一航务工程局有限公司)

**摘要:** 路基作为公路工程的重要结构层, 为路面提供足够的承载能力。公路沿线的水塘段路基基底处理难度大, 容易引发公路路基沉降和路面坍塌, 对公路工程质量造成严重的影响。为解决公路工程水塘段软土路基处理不佳产生的严重后果, 以广西贵隆高速 A03 标段工程为例, 采用清淤换填方法解决部分路基穿越水塘位置时路基基底处理的施工难题。文章概述了软土路基的特点、处理方法以及软土路基在处理过程中存在的问题, 并介绍了施工时原地面处理、围堰形式、排水方法、清除非适用性材料的过程、换填施工时的具体工艺。通过采用清淤换填方法对软土路基进行处理, 可以有效提升路基强度, 满足路面等结构的承载力要求, 可为类似工程项目提供参考。

**关键词:** 路基基底处理; 围堰; 排水; 清淤换填

## 0 引言

公路路基作为公路的主要构造物, 其稳定性至关重要。由于公路线性的工程属性—沿线长、范围大, 因此工程选线难以避开水塘段路基地段。路堤填筑之前, 公路路堤基底范围内的水和淤泥未被彻底地清理, 则直接影响公路的基础承载能力, 且无法保障公路工程高效稳定地运行。

软土主要由粉土粒与黏土构成, 质地松软, 且土体表面的负电荷使其吸水性增大, 导致土体外的水分被吸入土体内部, 使其含水量不断增加, 压缩系数增大, 抗压缩性能降低, 进而导致软土地基的承载能力降低。由于软土路基透水性差、强度低、含水量高等缺点, 当软土路基在大荷载作用或小荷载反复作用下, 其基底土质会变软、变稀, 导致后期路基填筑过程中出现弹簧效应甚至翻浆, 或在路基填筑完成后出现路基沉降甚至开裂现象<sup>[1]</sup>, 严重影响道路的安全使用。目前, 软土路基公路的常见危害有浸水沉降和剪切拉裂。在排水不畅的路段, 水极易进入到填筑的路基中, 在土体的自重、行车荷载及外界温度的共同作用下, 路基会发生过大的沉陷变形, 裂缝为水进入路基进一步提供了通道, 最终导致公路出现局部凹陷、积水等病害, 甚至出现局部或者整体的剪切破坏, 导致软土层侧向滑移。

工程中常因为各种原因对软土路基处理不当, 给后期公路工程留下质量隐患, 使得工程使用年限缩短, 造成重大损失。对软土路基处理的效果

直接影响其建成后的承载能力, 因此对软土路基采取必要的处理措施成为道路建设过程中的重要一环, 也是保证道路建成后安全、高效运营的关键。研究水塘段软土路基处理技术, 对于保证公路的修建质量、高效运营以及车辆的安全行驶都有非常重要的作用。

## 1 软土路基的特点及处理方法

### 1.1 软土路基的特点

软土的含水率较大, 孔隙率较高, 且其地表常常生长着亲水植物, 植物的自然生长和死亡带来的大量有机质随之储存在土壤中, 导致土壤变得更加软黏, 使土壤具有高压缩性和低承载力的工程特性。软土路基较高的黏结性导致其渗透性极低, 地表和土中的水很难在土壤中利用重力作用进行渗透, 对排水造成影响。同时, 在路基建设过程中存在孔隙水压力, 难以使路基具备较好的抗压性能<sup>[2-3]</sup>。

### 1.2 软土路基处理材料

国内外通常采用多种方式提升软土路基的力学性能, 使土体的强度达到目标值, 从而保证路基处于稳定状态。目前, 软土路基处理方法主要划分为改良法和加固法 2 类。改良法主要通过人工排水或吸水作业等方法排走土体中的水, 以此降低土的含水量, 提升土体强度。加固法通过在软土路基中打入人工加固桩的方式强化路基并改善土体的稳定性。此外, 约束法和压实法 2 种软土路基处理方法也被引入到工程中。在不同的路

基加固方法中,打孔、成桩等工艺流程普遍存在,因此施工过程中需格外重视施工设备和土体强化材料<sup>[4]</sup>。

目前,有多种材料可用于软土路基改良施工中,如砂石、水泥、石灰、土工布、塑料和化学固结液等。砂石具有良好的透水性能,被广泛应用于软土路基处理中,水在砂石层中的流动性使其受到的阻力更小,可以很快地将黏性路基中的水分排出。水泥基材料因其自身特点具备更广泛的适用性,几乎在所有的软土路基处理中都可以发挥良好的作用。石灰主要应用在黏性土中,通过化学反应改善软土路基的强度。大多数软土路基处理采用砂石、水泥、石灰作为改善材料。此外,还开发了化学固结液。通过分析化学固结液的组成成分可以发现,其主要由石灰、水玻璃和水泥构成。随着技术的发展和成熟,化学固结液的存储方式更加便捷,由浆体状态逐渐发展为颗粒状和粉末状,因其良好的性能逐渐被应用于软土路基处理中。

### 1.3 软土路基处理存在的问题

公路工程的线性属性使不同施工段的软土路基表现出不同性质,因此需要针对性制定软土路基处理方案。然而,在软土路基实际施工过程中,存在调查少、方案不够细化等问题,甚至直接采用以往施工方案盲目进行施工。目前,软土路基处理广泛采用挤密法和振密法,虽然通过这2种方法可以取得一定程度的效果,但是并非适用于所有软土路基,仍需要根据现场实际情况选择合适的处理方法。

#### 1.3.1 评价措施的局限性

在实际施工中,以现场地质条件和路基加固原理为基础,针对性地选择软土路基加固方案是一项特别重要的工作。但由于对施工方案优化不足,多种方案对比深度不足,无法得到最优的施工方案。

由于软土路基土体性质不同,处理方案并不是通用的,在一定程度上具有限制性。具体表现为:1) 尽管软土路基处理方案在实施前已经过相关技术人员的确认,但由于施工现场情况多变,施工方案并不能够完美覆盖;2) 由于施工现场工期、设备、人员等多方面的限制,施工方案的适用范围往往被盲目扩大,从而导致无法获得理想的软土路基处理效果,使施工方案的合理性受到

质疑;3) 施工方案适用范围的扩大使软土路基在质量评定时难以使评定标准得到有效落实。

#### 1.3.2 施工技术不理想

软土路基处理效果与施工单位技术水平密切相关。随着建筑工程队伍数量的增长,施工技术人员的专业水平无法得到全面保障,甚至一些施工人员没有经过相应的培训便上岗开展工作,对施工方案和设备认知度低,无法熟练地进行施工作业。在处理软土路基时无法应用深层搅拌法完成,主要由于在具体施工过程中施工单位的能力和机械设备限制了深层搅拌法的进一步实施,尽管我国在软土路基处理施工机械的空白得到了有效补充,但仍无法满足我国工程建设的需要,很难保证软土路基处理工作有序开展。

## 2 工程概况

本文以广西贵港至隆安高速公路项目 A03 标段为例,该项目位于广西壮族自治区贵港市,设计时速为 120 km/h,路基工程 K41+600—K56+700 段穿越 4 个地形地貌区,即溶蚀-堆积孤峰平原地貌区、构造-侵蚀中低山地貌区、构造-溶蚀峰林谷地地貌区、溶蚀-堆积残丘平原地貌区。地势平坦、开阔,其中路基部分穿越水田和水塘位置。地表主要为杂填土、淤泥质土、粉质黏土,基底土层为淤泥质黏土(流塑)或粉质黏土(软塑),土层厚度在 0~3 m 范围内采用清淤换填方法施工。

鉴于工程地质情况,在完成清淤换填施工之前采用静力触探法对软土路基基底承载能力进行测试。同时,在清淤换填施工过程中,通过以下要求来控制施工质量:1) 通过触探试验大致确定软土土体的深度;2) 下一道施工工序在清淤有效宽度达到 3 m 以上后开展,当有积水存在时,使回填料高度高于水面 50 cm 后再进行正常路基填筑施工;3) 回填料摊铺完成后,采用小粒径碎石摊铺在最上层,进一步填补回填料的空隙,保证路基不因骨料间隙而发生沉降现象。在软土路基施工过程中,应严格控制施工参数、工艺、原材,确保施工质量满足设计标准。

## 3 软土路基施工工艺

### 3.1 原地面处理

根据施工现场情况分 3 种方式对原地面进行处理:1) 当基底土体密实度高且横向坡度缓于 1:10 时,只需对土体表层清理后直接进行基底填

筑；2)当地面自然横坡为1:10~1:5时，将原地表土翻挖压实符合设计要求后开始基底填筑；3)若地面自然横坡陡于1:5时，自上而下开挖台阶，台阶顶面设置为4%的内倾斜坡、沿线路纵横向开挖，台阶宽度不小于2 m<sup>[5]</sup>。

### 3.2 基底换填

#### 3.2.1 围堰

考虑到施工的便捷性和经济性，采用砂袋砌筑围堰。若施工现场的积水无法排出，则沿路基外侧边线在水中放置砂袋围堰。砌筑围堰的砂袋大小和形状一致，摆放规则、稳定，围堰外边坡为1:1.75，内边坡为1:0.3。

#### 3.2.2 排水

施工前设置排水沟进行排水作业，以达到降低地下水位及排除坑内积水目的，当地下水位较高或地表有泉水涌出时，在路基两侧开挖集水槽（槽底应比基坑底部低至少1 m），采用水泵抽水，碾压时保证干燥。若围堰内水位高于附近原地表，可采用先开挖缺口排水、水泵辅助排水的方法。水位低于原地表时，可用水泵将水抽出并排放到其他沟渠内。

#### 3.2.3 清除非适用性材料

用挖掘机沿池塘边线逐步推进，清除池塘内的非适用性材料，用自卸汽车将其运至弃土场，直至满足设计要求的持力层地基容许承载力不小于150 kPa为止。

#### 3.2.4 换填

采用机械设备将需要换填的土层挖除并运走，使用自卸车将换填料运输至施工现场，进行卸料、摊铺、平地和压实等施工，按照施工规范和设计要求分层填筑至设计标高。

在施工过程中基底状态存在2种可能：1)水塘围堰中的水排除后基底密实；2)即使采用人工降低水位也难以使基底达到密实。如果通过自然排水或人工排水可将围堰中的水完全排除至基底干燥，或者虽然存在积水，但是基底足够密实，其容许地基承载力满足设计要求，此时可直接采用基底换填回填料。在施工中回填料应根据工程实际情况合理选用。优先考虑质纯的灰岩、砂岩、硅质岩等硬质岩类的片石、碎石及粗粒土，使回填料具备较好的透水性。此外，水塘基底应铺筑50~100 cm厚的片石、碎石或卵石，提高其稳定性。

#### 3.2.5 回填质量控制措施

基底回填质量与多种因素有关，其中最为重要的是压实和回填料的颗粒粒径。以本文依托工程为例，水塘段软土路基回填采用20 t静压压路机，控制碾压速度为2~4 km/h可以保证回填压实质量满足设计要求，但是其表面平整度较差。为了进一步改善基底填筑的平整度，应在施工中选择粒径大小科学合理的回填料，同时在碾压中增加振动压实，降低碾压速度，且静压速度不超过1.5 km/h，碾压行驶速度不超过3 km/h，工作振动频率控制在25~35 Hz，振幅控制在1.6~2.0 mm为宜。若回填料颗粒粒径部分超出设计及技术规范要求，人为地对回填料进行破碎作业，减小其粒径大小，以达到设计的平整度和压实度。

此外，回填松铺厚度和碾压遍数也对工程质量影响较大。通常情况下，应分层回填和压实，控制每层厚度不超过50 cm，当回填厚度超过标准后即使增加压实遍数也无法使回填料压实效果达到最佳，路基仍存在自然沉降，无法满足设计要求。完成预定碾压遍数后，回填路基石块应分布均匀、嵌挤密实、表面平整且无明显轮迹带。同时，分别在最后2次碾压后测量标高，其差值平均值不超过2 mm即可判定压实度合格。若沉降差值大于2 mm，应对回填路基进一步进行碾压使其平均沉降值满足设计要求。本工程采用的压路机自重大于22 t，激振力为360 kN，碾压工艺流程为：静压1遍→弱振1遍→强振2遍→弱振1遍→静压1遍收面，6遍碾压后路基沉降值不应超过2 mm。

## 4 结语

软土路基处理是目前工程建设的重要内容之一，建筑工程的施工质量、安全性和可靠性得到了普遍关注。在道路工程领域，公路沿线的水塘段路基对公路工程的稳定性产生了一定程度的危害，需要采用系列工序对软土路基的强度进行改善。本文结合水塘段基底清淤回填处理的实际工程，总结了清淤换填施工工艺。可为今后公路水塘段基底处理施工提供技术支持，并有效指导水塘段路基的现场施工，值得深入细致研究和推广应用。

### 参考文献：

- [1] 张俊,张爱英.路基清淤与地基承载力的合理评价[J].内蒙古科技与经济,2009(7):225-227.

- [2] 周德泉,刘宏利,张可能. 路基清淤检测的实践与探讨[J]. 中南公路工程,2001(1):4-5,8.
- [3] 李思清,李卫民,周滨,等. 广东佛-开高速公路软基填砂路堤拓宽的关键技术分析[J]. 中外公路,2009,29(4):28-31.
- [4] 刘永强. 公路软基基本处理方法的效果及造价比较[J]. 科技资讯,2006(23):50-51.
- [5] 郭俊勇. 水塘密集区铁路路基基底综合处理技术[J]. 中华建设,2011(10):144-145.