

软土路基加宽公路工程施工关键技术研究

文 / 盖海波 青岛通达公路工程有限公司

刘桓汶 青岛通达公路工程有限公司

摘要:为减少软土路基的沉降,避免软基加宽施工由于承载力不足导致路面塌陷,本文分析了软土路基加宽施工存在的问题,包括软土路基、路基病害、新旧路基结合不理想、路堤边坡不稳定等。通过分析阐述了具体的施工技术要点,明确各项工艺技术的操作要点与注意事项。旨在提高公路路基的稳定性,保障公路改扩建工程质量。

关键词:公路工程;软土路基加宽;施工关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.057

引言

近年来,我国交通运输行业得到快速发展,公路项目持续增多,早期建成公路宽度有限,无法满足日益增长的交通流量。为此,应加强公路路基加宽改造,提升公路通行能力,延长公路使用寿命。然而,一些公路工程项目沿途遍布软基,新旧路基存在差异沉降问题,常规施工技术缺乏适用性,路基沉降变形、桥头跳车等情况时有发生。在这一工程背景下,需结合软土路基特征,提高路基加宽施工质量,使旧路基变形得到有效加固,保障路基的稳定性和安全性。

一、公路工程软土路基加宽施工问题

(一) 软土路基

当前部分路段的地质条件较差,分布黏土、淤泥质细砂等类型的软弱土层,天然地基承载力较差,在上部路基路面结构重量、行车荷载的共同影响下,产生较大工后沉降量,致使上部公路结构变形开裂,甚至局部沉降。从公路路基衔接情况分析,原有路基施工采取相应的软基处理技术,随着时间推移,软基充分固结,状态趋于稳定,但原有路基和新建路基的工后沉降程度不一致,导致新旧路基结合效果不理想,降低了地基结构整体强度,还会引发跳车等问题。公路软土路基加宽施工期间,可以采取旋喷桩等处理技术,迅速固结软基,或打造复合地基体系,才能控制新建路基的工后沉降量,维持新旧路基结构处于稳定状态^[1]。

(二) 路基病害

早期建成公路工程的投运使用年限较长,在地表水与地下水侵蚀、昼夜温差、上部行车荷载、路基材料老化、地质灾害等多重因素共同影响下,出现多种多样的路基病害,路基结构状态遭受一定程度的破坏,常见路基病害包括路基沉降、边坡滑塌、路基变形、路基翻浆等。如果忽视路基病害问题,直接开展路基加宽作业,将会大幅削弱新旧路基结合效果,随着时间推移,路基病害持续发育,并从原有路基扩散到新建路基结构,严重时引发公路坍塌问题,危及到交通安全。以路基沉降病害为例,路基在垂直方向产生过大沉降量,局部路基不均匀下陷,严重破坏上部路面结构

与下部基层,引发路面断板、沥青面层坑槽龟裂等病害,其形成原因包括路基填料选用不合理、填筑错误、路基下部天然地基承载力薄弱、地下水长期侵蚀路基和基层结构。

(三) 新旧路基结合不理想

公路改建后的使用寿命主要取决于路基质量,新旧路基结构处作为裂缝病害的高发部位,常出现纵向开裂问题,大幅缩短公路实际使用寿命。施工人员必须掌握路基结合开裂问题的形成原因,针对性的改进施工技术。根据同类工程施工案例来看,路基纵向开裂主要源于新旧路基不均匀沉降、路基填筑土体强度不足两方面。新旧路基不均匀沉降是原有软土路基已结束沉降过程,沉降量明显小于新建路基沉降量^[2]。路基填筑土体强度不足则是新旧路基土回弹模量相差较大,新建路基结构内部应力重新分布,交界处形成较大应力,出现局部应力集中问题,周边路基路面结构开裂。

(四) 路堤边坡不稳定

此类问题常见于山区公路工程,建设期间形成较高填深挖洞高边坡,在多重因素影响下,出现溜方、边坡滑坡、剥落崩塌等边坡破坏问题,边坡土体压实度没有达到设计要求。其中,溜方问题是少量土体沿边坡向下移动,形成原因包括上下土体厚度不一致、流动水长期冲刷边坡、边坡结构本身压实度与稳定性不足。边坡滑坡问题是边坡过于陡峭,或坡脚部分被挖空,致使坡体滑动滚动。剥落崩塌问题常见于边坡风化岩石表层,呈现为岩石从上到下剥落的破坏形式。如果不采取专项技术措施来改善路堤边坡状态,直接开展路基加宽作业,新旧路基横断面会出现十分显著的差异沉降现象,路基加宽部分形成较大压缩量。

(五) 桥头路基台背回填沉降

对于桥头路段,由于现场环境复杂、作业空间狭窄,并不具备重型压实机械作业条件,而是由施工人员使用轻型夯实机具对路基结构进行碾压处理。相比其他路段路基结构,桥头路段路基强度偏低,台背回填沉降量略高于正常水准,工程完工后出现路基、桥涵沉降不均匀问题。

二、公路工程软土路基加宽施工关键技术要点

(一) 软基处理技术

软基是公路路基加宽施工期间面临的主要问题，施工单位应以岩土勘察报告作为编制施工方案的主要依据，明确软基类型、深度、分布范围、天然地基承载性能等相关信息，根据软基情况选择合理的处理技术。目前，常见的软基处理技术包括水泥粉煤灰碎石桩、旋喷桩、预制管桩、水泥搅拌桩等，各项技术的适用范围、工艺做法不同，以水泥粉煤灰碎石、旋喷桩两项技术为例。

第一，水泥粉煤灰碎石桩技术。简称为CFG桩，多用于处理黏性土、粉土、非欠固结人工填土、70Kpa以上承载力标准值淤泥质土等软基。施工人员平整场地，清除桩位地上与地下障碍物，低洼部位回填夯实黏性土料，按照设计图纸标记各处桩位与设置控制桩点，钻机部署在首处桩位，钻进成孔与泵送混合料，钻杆芯管灌满后缓慢向上拔管，重复上述操作过程，直至全部CFG桩身固结成型。重点控制各项工艺参数，如搅拌时间保持在90s以上，混合料坍落度控制在160-200mm以内，成桩提拔速度保持为2m/min，施工桩顶高程大于设计桩顶，二者高差值控制在0.5m以上^[3]。第二，旋喷桩技术。该技术强调在原有地基结构内融入水泥浆，土体颗粒与浆液混合搅拌形成圆柱形等形态的水泥固结体，起到减小沉降、强化地基承载性能的作用，可以采取单管双液分喷法。场地平整后，制备水泥浆，地质钻机部署就位开展成孔作业，利用液喷方式清除地基夹杂的砂卵石等介质，按照从下到上顺序进行清孔，喷水压力控制在20MPa，喷头提升速度控制在0.2m/min。随后，同样按照从下到上顺序进行选喷处理，喷头压力保持为20-30MPa，转速控制在20r/min，按照地层条件来动态调节喷头压力，后续开展复喷作业，复喷次数控制在1-2次，可以增加桩身直径。桩身固结成型后，检测成桩质量是否合格，以桩径检测方法为例，人工开挖到桩顶下部1-2m位置，对比成桩直径、设计桩径偏差比例是否超标。

(二) 路基病害修补技术

公路路基加宽施工期间，总体施工质量主要取决于原有路基质量状况，如果原有路基存在质量病害、结构性能下降，无法保证工程建设质量与交通行车安全，原有路基则会产生质量病害高发部位。对此，施工单位必须提前检测原有路基结构的质量状况，标记各处病害位置，根据病害类型、发展程度，采取相应的修补措施，在确定问题得到妥善解决后，再组织路基加宽施工活动。以路基冻胀、翻浆病害为例，除去路基排水、提高路基填土高度等预防措施外，还应着手修补已冻胀翻浆的病害部位，具体采取深挖换填、翻拌晾晒、掺加水泥翻浆三项修补技术，操作要点如下。第一，深挖换填。挖出翻浆土层，原位回填具备一定强度的石灰土、砂砾

等材料，多用于处理深度不超过0.5m的路基缺陷部位，翻浆土层开挖完毕后晾晒一段时间，确定含水率达标后，回填夯实换填垫层，首层回填厚度不得超过0.5m，碾压遍数不少于6遍，其余层级回填厚度控制在0.2-0.3m，碾压遍数超过4遍即可^[4]。第二，翻拌晾晒。现场部署重型缺口圆盘耙等施工机械，对翻浆路基进行翻松处理，路基填料破碎成粒径不足50mm的颗粒物，静置一段时间进行晒干处理，直至达到最佳含水率，重新开展整平碾压作业，恢复路基原始结构状态。此项技术存在上下层脱节、含水量不均匀的局限性，修补处理后容易再次出现局部翻浆问题。第三，掺加水泥翻浆。此项技术多用于处理雨季降雨频繁、翻浆程度严重的路基，工艺做法和翻拌晾晒技术较为相似，额外掺加水泥材料，水泥掺加比例控制在3%-6%，路基刮平后，均匀洒布水泥，切换拌和机开展拌和作业，拌和深度控制在下层路基1-2cm位置。

(三) 路基衔接技术

公路路基衔接环节，并行采取边坡削坡、台阶开挖、土工加筋三项技术措施，最大限度改善新旧路基结构衔接效果。第一，边坡削坡。施工人员率先清除原有路基边坡部位的表层制备土，连同压实度未达到设计标准的填土，清表厚度控制在50-75cm，做好新旧路基结构接触准备工作，也便于加宽部分路堤下部软基处理作业开展。正常情况下，采取粉喷桩技术来处理软基，分阶段开展削坡作业，首次按照1:0.8坡率开挖原有路基边坡，第二阶段则按照1:0.5坡率继续开挖边坡。也可选择一次性完成削坡、台阶开挖作业，以坡顶部位为起始点，开挖多级台阶，台阶高度控制在0.8-1.0m以内，台阶宽度控制在1-2m以内。此外，如果路基边坡含水率过高，则额外使用石灰土来处置路基，确保回弹模量满足设计要求。第二，台阶开挖。既有路基结构上挖设台阶时，要求施工人员必须按照从下到上顺序分级挖设台阶，交错开展台阶挖设、加宽路基填筑作业，首级台阶开挖尺寸略大于其他台阶，特殊路段内按照填土高度来调整台阶尺寸，要求台阶宽度保持在1.0m以上，台阶宽度不达标，则会缩小新旧路基有效拼接面积^[5]。第三，土工加筋。以增强新旧路基连接强度为目的，路基衔接段额外铺设土工格栅，利用横向台阶面给土工格栅提供足够锚固长度。推荐使用钢塑格栅，作为一款整体加工成型的双向钢塑土工格栅材料，力学性能十分理想，抗拉强度超过100kN/m，延伸率不超过3%，焊点剥离力大于500N。

(四) 结合面路面处治技术

针对公路路基加宽部分结合处易开裂的问题，现场施工期间，需要采取到结合处路面处治技术，具体采取预设反向坡度、设置过渡性路面、铺设玻璃纤维格栅三项技术措施，操作要点如下。第一，预设反向坡度。路面铺筑前，对全新路面进行预加抛高处理，路面铺筑

结束后,结合处沉降量保持在50%以上的抛高值,后续经过工后沉降后,新旧公路差异沉降量有所减小。原理在于,利用反向坡度,弥补全新路基结构本身形成的一部分不均匀沉降量,尽量把预留量控制在0.6-1.0m。第二,设置过渡性路面。也被称为二次铺筑法,新建路基结构上铺筑简易柔性路面或是可拆除干砌砌块作为过渡性路面,公路扩建后投入运营,等待全新路基结构基本结束变形过程、恢复稳定状态后,挖除过渡性路面,重新铺筑路面结构。第三,铺设玻璃纤维格栅。以玻璃纤维格栅作为加强基层,布置在结构层底部,起到减小表面弯沉量、减小层底拉应力的作用。考虑到玻璃纤维格栅本身刚度较大,在温度影响下,应力应变效果略差于橡胶沥青应力吸收层等软性夹层,可以采取复合夹层形式,上层为玻璃纤维格栅层,下层为应力吸收层^[6]。

(五) 搭接部位补强技术

针对路堤边坡状态不佳、土体压实度不达标问题,必须对搭接部位进行补强处理,方可拼接新旧路基结构,避免后续在加宽路基横断面形成过大差异沉降量。当前主要采取强力夯击法作为补强方法,强夯机按照特定频率连续多次夯击土体,施加1.4-1.5MPa压力,破坏新旧路基土体原有结构,土体颗粒出现错动、滑移现象,最终形成更加紧密的整体结构。路基加宽搭接部位补强施工期间,以台阶开挖顶面作为强夯加固位置,各级台阶填筑完毕后,布设2排夯点,夯点按照梅花型分布,夯点中心间距控制在1m以内,单点连续夯击80次以上,每个击点作用时间控制在8-13s。完成强夯作业后,施工人员在结合部进行补料,继续开展重碾补强作业,定期检查夯点间距,校正夯击方向,避免出现夯点间距超标、偏移情况。

(六) 流态粉煤灰处治技术

针对桥头路基台背回填沉降问题,以提升路基强度为解决思路,当前主要采取到流态粉煤灰处治技术,施工程序简便。在流态粉煤灰处治期间,施工人员重点掌握台阶粗开挖、基坑开挖回填、台阶精细开挖、施工包边土、液态粉煤灰浇筑五道步骤的操作要点。

第一,台阶粗开挖。按照施工图纸在现场测量放样,标记台背回填施工范围,在台后填土部位开挖台阶,原地面台阶宽度控制在3.0m以上,便于后续开挖回填基底松软土体,起到提供足够施工工作面,预防坍塌等安全事故发生的作用。第二,基坑开挖回填。必须完全挖出坑内松散土层和露出坑底原状土,基坑开挖形成规整形状,开挖宽度满足压路机碾压作业要求,并在局部路段使用冲击夯开展夯实作业。开挖完毕后,检测基底压实度是否达标,分层回填砂粒,回填高度略大于基础顶面和原有地面高度,再使用压路机开展补强碾压作业,压实度不得低于97%。第三,台阶精细开挖。以填土高度与设计要求来确定台阶开挖尺寸,正常情况下,

台阶宽度与高度分别控制为1.5m、1.0m,要求台阶表面保持平整状态,棱角分明,不得存在松散问题。如果到达设计尺寸后的台阶压实度未满足设计要求,施工人员可以继续向后开挖,以压实度达标作为精细开挖作业的结束依据。第四,施工包边土。以组成堆坡、支挡液态粉煤灰作为功能定位,要求施工包边土压实度不低于路基压实标准。优先使用黏性土等塑性指数不小于12的土体作为包边土,施工人员分层开展填筑作业,上层填筑完毕后,使用压路机或是小型夯机进行碾压处理,压路机碾压厚度控制在25cm以内,小型夯机夯实厚度控制在15cm以内,重复上述操作。同时,为确保施工工作面、坡面刷坡后的密实度达到设计标准,要求包边土各侧宽度均大于设计边线,多出宽度保持在25cm以上,并切换到人工模式精细修整包边土内壁。第五,液态粉煤灰浇筑。现场制备液态粉煤灰,由水泥、粉煤灰加水搅拌形成,搅拌时间保持在120s以上,水泥用量误差不得超过±1%,粉煤灰与拌和水用量误差不得超过±3%。重复检查基槽情况,禁止存在缝隙、敞口问题,利用溜槽向基槽内灌注混合料,自由倾落高度控制在2m以内,人工整平表面,覆盖土工布保湿养生,中途出现表面开裂问题时,利用1:2水泥浆进行灌缝处理。

结语

综上所述,当前在公路软土路基加宽工程,传统施工工艺逐渐成为限制工程质量提升、引发新旧路基开裂的重要因素,已无法满足实际施工需求。施工单位必须树立创新发展观念,结合本工程情况与参考同类工程案例,统计施工难题,针对性改进软土路基施工技术体系,熟练掌握软基处理、路基病害修补、路基衔接等多项关键技术的工艺做法,为公路建设质量提供技术保障。

参考文献

- [1]肖淑青.高速公路软土路基加宽工程施工技术探究[J].散装水泥,2024,(03):34-36.
- [2]李淑连.高速公路软土路基加宽工程施工技术探究[J].中国公路,2021,(24):108-109.
- [3]舒海建.高速公路改扩建工程中路基加宽方式与特点分析[J].运输经理世界,2022,(35):35-37.
- [4]刘科,曾琨.软土地基上高速公路路基扩建加宽中的关键问题[J].交通科技与管理,2023,4(16):123-125.
- [5]马成兵.软土路基加宽公路工程施工关键技术探讨[J].工程技术研究,2024,9(09):68-70.
- [6]谢京阳,尹亚丹.高速公路改扩建工程中软土路基加宽处治技术[J].中国新技术新产品,2022,(02):121-123.

作者简介:盖海波(1984.5-),男,汉族,山东省青岛莱西市,工程师,本科,研究方向:工程建设与管理。