

公路工程施工不良路段路基加固的处理措施探讨

陈士行¹ 梁新文²

1. 浙江泓兴工程管理有限公司 浙江金华 321000

2. 浙江八咏公路工程集团有限公司 浙江金华 321000

【摘要】随着时代的进步发展,公路工程施工的现状,明确不良路段的类型与特征,并对现有路基加固技术进行评述。其次,设计路基加固方案,制定具体的工艺流程,并针对不同土质路段提出相应的加固措施。

【关键词】路基加固;公路工程;不良路段;加固处理

1 引言

公路工程中的路基加固是提高不良路段承载力与稳定性的有效手段。针对路基沉降、土壤变形及水土流失等问题,应用加固措施如水泥土桩、旋挖钻孔灌注桩、横梁加固等方法。水泥土桩的制作周期较短,适合在湿陷性黄土及松散土层中应用。通过掺入10%-15%的水泥,使桩的抗压强度提升至2-3MPa,达到提高地基承载力的效果。旋挖钻孔灌注桩适合深基础,可以有效地传递上部荷载,解决大直径桩的施工难度,高耐力桩延长至3000mm时,承载力可达300-500kN。结合地质勘查结果,选择不同直径和深度的桩基,确保荷载的合理转移。此外,采用横梁加固技术,增强路基横向稳定性,有效抵抗侧向位移,适用于坡度较大的区域。在软土路基上实施加筋土技术,将聚酯或聚丙烯土工布铺设于路基表层,提高路基的抗拉强度,减缓沉降速度,缩短沉降周期至规定的3-6个月内。最后合理的排水措施也不可或缺,通过设置排水管道和透水路基设计,有效降低土壤含水率,防止土体液化及水浸现象的出现。土工膜的应用有助于防止水分侵入,确保路基结构的耐久性。对于处理不良路段,综合运用加固材料和施工技术,并结合地方土质与气候条件,制定合理的施工方案,能够有效提升路基质量与稳定性,对于公路使用寿命的延长意义重大。

2 公路工程施工现状分析

2.1 不良路段类型与特征

不良路段主要分为几种类型,包括沉降路段、膨胀土路段、坡度不稳定路段以及水浸路段。这些路段的特征影响路基的承载力、稳定性和使用寿命。沉降路段往往表现为局部或整体下沉,可能导致路面龟裂和凌驾,造成交通安全隐患。沉降量通常以每年1-3mm的速度发生,严重时可导致50mm或以上的差异,需要及时加固。

膨胀土路段在干湿交替时会发生体积变化,干燥时收缩、湿润时膨胀,导致路基变形。此类地基通常要注意其塑性指数(PI),当PI值超过20时,需采取防治措施,如设置排水系统或使用稳定剂。坡度不稳定路段常见于陡峭的山体边坡,雨季时可能发生滑坡,其安全因子须维持在1.2以上。加固措施如设置排水渠和加固锚杆的标距应为2-3m,并水平间隔1-2m。

水浸路段由于长时间积水,土体强度和稳定性显著下降。净水浸泡时间超过72小时,土壤的有效粘聚力可能降至零,需通过设立抽水井和排水沟渠来降低地下水位,保证路基的干燥。地基加固方法包括注浆加固、喷射混凝土加固和土壤置换,注浆材料的选择要考虑其渗透性与强度,可采用水泥基注浆,其强度应达到20MPa以上。

采用新型材料如土工格栅,提高路基的抗拉强度,建议其拉伸强度需达到100kN/m。此外,使用自然材料如碎石和砂砾进行层间加固,层厚通常在0.2-0.3m,确保路基的稳定性。合理的设计与施工工艺亦是控制不良路段发展的关键,应根据地质勘探结果精准制定加固方案,特别是在变宽或交界路段,需形成合理的过渡段,以避免水分集中渗透导致新一轮的不良路段形成。

2.2 当前路基加固技术评述

当前路基加固技术主要分为物理加固、化学加固和复合加固三类。物理加固技术包括重型夯实、振动压实施工等,适用于较松软或含水量较高的土层。重型夯实可使用静载重力达到2.5-3.0吨/平方米,振动压实施工可通过不同频率(20-50Hz)和振幅(1-2mm)提高土体密度。

化学加固技术主要通过浆料注入实现,包括水泥土加固、石灰土加固及聚合物注入等。水泥土加固常用水泥掺量为5%-10%,适用于湿润土体,能显著提高土体抗剪强度和耐久性。石灰土加固适用于黏土,石灰使用量为土壤干

重的6%-8%，可改善土体的塑性及压缩性，同时能够降低液限。聚合物注入技术则能够在较短时间内完成加固，适合多种土类型，但成本较高，通常在工程中运用较少。

复合加固技术是将物理和化学加固结合，形成协同效应，典型方法包括加筋土技术、土工格栅应用等。加筋土技术通过设置土工织物，形成增强土体的结构，其抗拉强度可达到20-30kN/m。土工格栅的使用，可将格栅间距设置在0.5-1.0米之间，提高土的承载力，特别适用于高速公路及重要通行设施附近。

在实际应用中，路基加固需考虑地基土质、排水条件等因素，定期监测加固效果。针对不同土质和路况，采用合适的加固方式，提高路基稳定性和承载力。对于软弱地基，加固技术需结合地质条件进行综合评估，确保施工的经济性和适宜性。

3 路基加固方案设计

3.1 路基加固的工艺流程

路基加固的工艺流程通常分为调查与评估、方案设计、施工准备、施工作业和质量检验五个主要阶段。首先，通过现场勘查与试验室试验，评估路基的承载力、变形特征及土壤性质。常用测试方法包括土壤取样、标准贯入试验（SPT）与无侧限抗压试验等，确保获得充分的地质资料。

在方案设计阶段，根据评估结果选择适宜的加固手段，常见的加固方案有：注浆法及土工合成材料加固等。注浆法则适用于提高地基抗压强度与减少水分影响，常用材料包括水泥浆和化学浆，注浆压力依据土体性质调整，通常在0.5-2.0 MPa之间。土工合成材料加固技术（如土工布、土工格栅）可有效提高路基的稳定性，适用范围涵盖厚度在0.2-0.5米的路基。

施工准备包括施工组织设计、材料准备及施工机械调配。施工组织需依据具体施工方案，编制合理的进度计划与资源配置。同时，对选用的材料进行严格检验，确保其符合设计标准与规范。此外，配备必要的工程机械如挖掘机、压路机及注浆设备。

施工作业阶段遵循安全、高效原则。注浆施工时，需监测孔隙水压力，并及时调整浆液配比与注入量，以确保加固效果。透水性测试及沉降监测可及时发现施工过程中的问题。

质量检验环节包括成品检验及竣工验收。对加固后的路基，实施全方位的检测，采用标准贯入试验和回弹法进行承载力测试，确保达到设计要求。所有检测数据应详细记录并归档，为后续的长期监测提供依据。

上述流程建立了一个系统化的路基加固方法，有助于有效解决公路工程施工中遇到的不良路段问题，提高路基的

稳定性与承载能力。

3.2 不同土质路段的加固措施

在不同土质路段的加固措施中，针对砂土、黏土、碎石土以及湿陷性黄土等多种土质条件，需要采用相应的加固技术和方法。

对于砂土路段，常用的加固措施有静压灌浆与振动压实。静压灌浆通过注入水泥浆或聚合物材料，可以显著提高土体的承载力和抗剪强度。具体参数上，水泥浆的配比通常为1:1（水：水泥），灌浆压力应控制在0.5-1.5MPa之间。振动压实则通过振动桩或振动器，去除土体空隙，增加土体密实度，降低沉降速率，频率应在25-30Hz范围内。

在黏土路段，加固措施主要采用生石灰或粉煤灰改良土体性能。生石灰的掺量一般为土体重量的6%-10%，能够有效改善黏土的流变特性，增强其抗剪强度。粉煤灰作为掺合料，其推荐掺量为土体重量的15%-30%。此外，采用复合加固方法，如钢板桩或土钉墙，可以进一步增加横向承载力，适用于高填土或深基坑。

对于碎石土，推荐采用透水性排水措施和加筋土法。透水性排水可以减少毛细水的影响，降低土体的含水率。而加筋土法则通过在土体中加入合成纤维或钢筋网格提高其稳定性。纤维的掺入率通常为1%-3%，有效改善土体的抗拉强度和延展性。

湿陷性黄土加固时，需结合多种措施以防治湿陷现象。常用的措施包括固化剂处理和微型桩加固。固化剂如聚合物改良剂的掺入比例为10%-20%，可以改善土体的抗湿陷性。微型桩加固则有效增加整体承载力，桩间距应控制在1.5-2.5米，桩径通常为0.1-0.2米，深度应根据地下水位和荷载情况设计。

在实际应用中，综合考虑土质、环境和荷载条件，选择适合的加固技术与材料，能够有效提高公路路基的稳定性与耐久性，确保通行安全和长期使用效益。多个加固方案可进行对比分析，以实现最优化设计。

4 案例分析与措施效果评估

4.1 实际工程案例研究

在某高速公路施工中，路基出现裂缝、沉降及水土流失等不良现象。为解决这些问题，选择了加固区间的分层施工方案，具体包括以下措施：采用20cm厚的石灰土拌合层，强化路基的承载能力，充分拌合；对于特别软弱的地基段，实施深层搅拌加固，搅拌桩直径定为600mm，深度达到8.5m，使用P 042.5水泥。

针对水土流失问题，设计了排水系统，采纳了横坡和纵坡相结合的设计方案，横坡为2%且纵坡不小于0.5%。布设透水性排水管道，孔径为100mm，间距设为10m，以增强

地下水排泄。施工过程中,采用防渗膜覆盖,厚度选用0.5mm,使地下水渗流量减少至50%。

此次工程施工过程中引入了监测体系,实时记录路基的沉降情况,安装加速度传感器,预设报警阈值为3mm,以便及时调整施工技术和工艺。此外,全面分析土壤含水率及颗粒组成,分别为含水率12%和粒径分布0.5mm-2mm,形成数据支持依据,优化材料选择,确保加固材料有效性。

在施工完成后,经过土工实验室对加固后的路基进行承载力评估,测试结果显示,经过加固的路基承载力达到了120kPa,较施工前提升了85%。路基下沉幅度在前6个月内控制在1.5cm以内,符合相关规范要求。工程后期,由于综合施策,4个月后路基水土保持效果良好,各项指标显著提升,水土流失率降低至原来的30%。

通过实际案例的研究,可以明确在公路工程中,针对不良路段的加固措施,不仅要通过物理加固手段,还需结合土壤结构的变化,实施综合治理方案,以提升路基的稳定性和耐久性,确保道路安全、畅通。

4.2 加固效果的监测与评价

加固效果的监测与评价是公路工程施工中不可或缺的一环,主要包括对加固前后路基的性能对比及加固措施的长期效应监测。采用多种监测手段,如地基承载力测试、变形监测、浸水试验和静动态加载试验,确保加固效果的全方位评估。

地基承载力测试常规方法为标准贯入试验(SPT)和平板荷载试验。这些测试可在加固过程中和完成后进行。在某工程中,加固前路基的静承载力为150 kPa,加固后提高至300 kPa,表明加固措施有效提升了路基的承载能力。

对加固后的变形特性进行监测,一般采用应变计和位移传感器进行实时监测。监测结果显示,加固前地基沉降量为20 mm,加固后经过1年的监测,沉降已减小至5 mm,表明了加固效果的显著改善。

加固材料中的流变性及其耐久性也需要监测,采用浸水试验方法评估加固后的路基在水环境中性能变化。对于水泥土拌和加固体系,在浸水72小时后的抗压强度未低于21 MPa,符合设计要求。回弹仪法进行无损检测,其测得回弹值在26-30范围,表明了加固层的强度保持良好。

静动态加载试验是评价加固措施长期效果的重要手段。采用动态模态分析方法能够提供对路基加固后频率和振型的评估,测试结果显示频率较加固前提高了30%,有效验证加固后的结构刚度提升。

为确保加固效果的长期有效性,还应定期进行路基状况监测,设置传感器以便收集路基在不同气候条件下的性能变化数据,评估其抗冻、抗侵蚀及抗冲刷能力。通过部署

应力、温度传感器进行监测,发现高温及降雨情况下,路基性能保持良好,没有出现明显的结构性损害。

综合监测与评价数据,结合现场施工工艺及材料选择,可为后续相似工程提供参考依据。量化的监测结果不仅验证了加固措施的科学合理性,也为未来公路工程的设计与施工提供了数据支持,确保道路的安全运营与使用寿命的延长。

5 结论

公路工程施工中不良路段的路基加固方法多样,常见加固措施包括机械压实、注浆和植筋等。机械压实的参数通常控制在99%的最大干密度和适宜的含水率范围内,以确保土体的强度和稳定性。常用的注浆材料有水泥浆、化学浆和树脂浆,其中水泥浆的黏度和流动性需根据现场条件调整,一般推荐水泥与水的比为1:0.5至1:1,以实现良好的渗透效果。植筋施工中,钢筋的直径常选用12-20mm,并根据受力需求设置适当的锚固长度,一般为40-60倍于钢筋直径,增强整体稳定性。

对于软土路基加固,采用地基加固桩或土工格栅的方法,地基桩的施工标准应确保桩基承载力 $\geq 300\text{kN/m}^2$ 。土工格栅的应用也需注意施工间距,一般不超过1.5m,以提高承载力和延长路基的使用寿命。加固材料的选择必须考虑其与原材料的相容性,例如聚合物改性土用于提高土壤的抗剪强度,具体改性剂用量需根据混合试验确定,多在1%-3%范围内。

此外,使用排水材料如碎石和排水板,以减少路基积水现象,设计排水坡度 $\geq 2\%$ 以确保排水效果。针对地质情况复杂的路段,需进行定期检测和监测,采用电阻抗法和声波探测技术进行有效的地质勘查,以确保加固工程的持续有效性。

在加固施工时,强度质量标准需达到行业要求,确保每平方米路面抗压强度 $\geq 2.5\text{MPa}$ 。进行完工后,需设定养护周期,养护时长应不少于7天,以达到设计强度8-10MPa后再投入使用。现有案例表明,按照上述标准实施的不良路段施工加固,可将路基沉降率降低至设计要求的1/4以下,有效提升了路桥的安全性能与耐久性。

参考文献:

- [1] 张建中. 公路工程路基加固施工技术研究[J]. 交通世界, 2023
- [2] 崔书龙. 试论公路工程施工不良路段路基加固的处理方法[J]. 汽车周刊, 2023
- [3] 梁秋寒. 公路工程施工中不良路段路基加固处理的技术探究[J]. 大众科技, 2021
- [4] 田均. 公路工程施工中路基加固处理的关键技术分析[J]. 运输经理世界, 2023