

深层搅拌法在高速公路软土地基处理中的技术效果与评估

李政

中交一公局第四工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12914

[摘要] 本文深入分析了深层搅拌法在高速公路软土地基处理中的应用及成效。通过介绍深层搅拌法的基本原理和操作流程,采用实验方法验证了其在改善地基承载力和减少沉降量方面的有效性。通过对具体工程案例的剖析,充分展现了深层搅拌法在实际工程中的应用效果。结果显示,深层搅拌法能不仅提高软土地基的稳定性还加强了承载能力,这种地基处理技术具有广泛应用前景。

[关键词] 深层搅拌法; 高速公路; 软土地基; 技术效果

中图分类号: U412.36+6 **文献标识码:** A

Technical effect and evaluation of deep mixing method in soft soil foundation treatment of highways

Zheng Li

CCCC First Highway Engineering Co., Ltd. Fourth Engineering Co., Ltd

[Abstract] This article deeply analyzes the application and effectiveness of deep mixing method in the treatment of soft soil foundation on highways. By introducing the basic principles and operating procedures of deep mixing method, the effectiveness of improving foundation bearing capacity and reducing settlement was verified through experimental methods. By analyzing specific engineering cases, the application effect of deep mixing method in practical engineering is fully demonstrated. The results show that the deep mixing method can not only improve the stability of soft soil foundation but also enhance its bearing capacity. This foundation treatment technology has broad application prospects.

[Key words] Deep mixing method; Expressway; Soft soil foundation; Technical effect

引言

现代的道路的安全与稳定,依赖于高速公路软土地基的有效处理^[1]。鉴于软土具有低承载力和高压缩性的特性,深层搅拌法作为一种有效的加固技术,是提升地基稳定性、加强承载能力以及改善软土力学性质的关键环节^[2]。本文旨在通过实验与案例分析,系统评估深层搅拌法的技术效果,并探索其优化策略。通过实验设计、现场监测及数据分析,本研究期望为深层搅拌法在高速公路软土地基处理中的应用提供科学依据和技术指导,其目的在于进一步提升该技术在工程中的应用效果。

1 深层搅拌法的原理与应用

深层搅拌法在软土地基处理中展现出显著的高效性^[3],它通过将固化剂(例如水泥或石灰)注入软土并利用机械搅拌来增强土体的强度与稳定性。此方法显著提高了土体的抗剪强度,降低了其孔隙率和渗透性,有效地控制了地基沉降,从而提升了地基的整体刚度。深层搅拌法不仅对环境影响较小,而且在支撑高速公路等基础设施建设方面提供了坚实的基础,既高效又环保。这项技术能够适应多种地质条件,采用如湿喷、干喷等多种

施工方式,具备对环境干扰小、经济效益高且施工简便的特点。因此,深层搅拌法在软土地基处理领域具有广泛的应用前景,并且在确保工程质量和安全方面扮演了重要角色。

2 深层搅拌法的实验研究

2.1 实验材料与设备

在深层搅拌法的实验研究中,主要使用了水泥或石灰作为固化剂,以及从实际高速公路建设工地取得的软土样本。实验中,通过搅拌机和搅拌轴将固化剂与软土充分混合;注浆设备则用于将固化剂以一定比例注入软土中。此外,还使用了荷载测试设备来评估处理后的地基承载力和沉降量。具体实验中,设备参数会依据实验设计及需求灵活调整,以保障实验结果的准确可靠。

2.2 实验方法

实验可验证深层搅拌法在高速公路软土地基处理中的效果。实验初期,采集软土样本分析其性质,选择固化剂并预设配比。实验设备根据规模、固化剂类型和注入速率配置。首先对未处理土样测试压力,然后测试渗透性,用于对比基准。随后,按预设配比搅拌注入固化剂,监控混合均匀性,如表1所示。处理

后的土壤固化养护七天,再进行压力与沉降量测试,评估性能提升。实验过程详细记录,数据分析比较处理前后差异,验证效果并调整方案,实验样品如图1所示。

表1 实验规模、固化剂类型和注入速率

样本编号	固化剂类型	注入速率	实验规模
1	水泥	5升/分钟	涉及软土体积1m ³
2	水泥	10升/分钟	涉及软土体积5m ³
3	石灰	5升/分钟	涉及软土体积5 m ³
4	水泥与石灰混合	15升/分钟	涉及软土体积10 m ³



图1 实验样品

为了深入分析深层搅拌法对高速公路软土地基的处理效果,对4组实验样品进行了荷载强度测试。测试过程中,将实验样品放置于荷载检测器中,测量并记录实验前后样品的高度变化,同时收集荷载强度数据并保存,以便后续分析。

2.3 实验结果与分析

地基承载力和沉降量是衡量深层搅拌法处理软土地基效果的核心指标。这两个指标能够直观反映处理后地基的性能改善情况^[4]。

(1) 沉降量: 沉降量指的是在给定荷载作用下,地基发生的垂直位移量,通常以mm(毫米)计。沉降量的减少说明地基的稳定性得到了增强,是评价深层搅拌法成功与否的一个重要指标。沉降量的计算如公式(1)所示。

$$s = H - H_0 \quad (1)$$

其中, s 为沉降量, H 为某时刻的地面标高, H_0 为初始地面标高。通过监测地面标高随时间的变化,可绘制沉降量变化曲线。

(2) 地基承载力: 指地基能够安全承受的最大荷载,单位为kPa。它不仅是评价深层搅拌法处理效果的重要指标,还能通过载荷实验进行测定,从而比较处理前后的变化。地基模量的计算如公式(1)所示。

$$E = \frac{q}{s} \quad (2)$$

其中, E 代表地基模量(或称为变形模量),为施加在地基上的荷载强度,为相应的沉降量。地基模量的增加同时地基承载力也在提升。

通过对比分析处理前后的地基承载力和沉降量,可以定量评估深层搅拌法对软土地基性能的改善效果。通过记录试验数据,并对比分析处理前后的数据,因此得到详尽的情况分析数据。表2展示了深层搅拌法处理前后的地基沉降量对比,而表3则展示了处理前后的地基承载力对比。

表2 采用深层搅拌法进行处理后地基沉降量的前后对比(见公式(1))

样本编号	处理后沉降量(mm)	处理后沉降量(mm)	降低百分比
1	25	18	24%
2	23	18	21.74%
3	24	19	20.83%
4	22	16	27.27%

表3 深层搅拌法处理前后地基承载力对比(见公式(2))

样本编号	处理前承载力(kPa)	处理后承载力(kPa)	提升百分比
1	100	123	23%
2	95	117	23.16%
3	105	128	21.90%
4	98	119	21.43%

根据表2和表3的数据显示,经过深层搅拌法处理后,显著提升了所有样本的地基承载力,平均提升约23.46%,而沉降量则显著减少,平均降低了约22.37%。这证明深层搅拌法在提升软土地基的力学性能,增强地基的承载力,并有效控制地基的沉降上有显著效果。实验表明,深层搅拌法对高速公路软土地基的处理效果显著。通过固化剂与软土充分混合,达到抗剪强度提高的效果,显著降低孔隙率和渗透性。通过数据分析可优化处理参数,适应不同地质条件,确保最佳地基处理效果。

3 深层搅拌法的案例分析

3.1 工程概况

本研究选取广西藤县西江二桥及引道工程作为研究案例。该项目起始点位于藤州镇礼秀村周边,与国道G321相衔接,随后路线向北延伸,依次跨越西江的两条河汉以及洲岛,最终在西江北岸的贤德村附近结束,与省道S304实现对接。项目按一级公路标准建设,设计速度为80km/h,建设范围为主线K3+140.00-K10+125.00,全线长6.985km,其中西江二桥南桥桥长1119.08m,西江二桥北桥长879.08m,永村大桥132.08m。在项目线路中,存在特

殊软土地段,这些软土地段由粘土、淤泥和粉砂组成,该土壤含水量高,孔隙比大,透水性差。它的天然密度大约在1.5到1.8g/cm³之间,而压缩模量则低于2 MPa。然而,正是因为这些特性,使其地基承载力未能达到项目要求的标准。为了提升地基的稳定性和承载能力,确保公路的安全与稳定,项目决定采用深层搅拌法处理这些软土地基^[5]。

3.2 深层搅拌法的施工过程

针对西江二桥软土地基的具体情况,项目团队制定了采用水泥作为固化剂的详细处理方案,并根据地质勘察和实验结果,在不同地段设置了相应的搅拌参数,如桩长、桩径、桩间距,通过深层搅拌桩施工方式,注入水泥并充分搅拌软土,这一过程不仅有效改善了土壤的整体性能,还显著增强了其承载能力。不同地段的施工过程如表4所示。

表4 不同地段的施工过程

序号	起讫桩号	长度	不良状况	处理措施
1	K3+694~K3+735	41m	水塘低洼地段,表层0~2.80m为灰褐色软塑状淤泥质粉质黏土,2.8m以下为褐黄色强风化古近系砂岩。	水泥搅拌桩复合地基处理中,桩长4.5m,直径0.5m,按等边三角形布置,间距1.2m,共2269根。
2	K5+200~K5+217	17m	冲沟低洼地段,表层0~7.20m为褐黄、灰黑色软塑状淤泥质粉质黏土,以下为褐黄色全风化寒武系砂岩。	水泥搅拌桩复合地基,桩长4m,直径0.5m,按等边三角形布置,间距1.2m,总计800根。
3	K5+645~K5+669	24m	冲沟低洼地段,表层2.0~5.00m为褐黄、灰黑色软塑状淤泥质粉质黏土,以下为褐黄色全风化寒武系砂岩。	水泥搅拌桩复合地基,4m桩长,0.5m直径,等边三角形布置,间距1.2m,共800根。
4	K5+838~K5+865	27m	冲沟低洼地段,表层2.0~2.50m为褐黄、灰黑色软塑状淤泥质粉质黏土,以下为褐黄色全风化寒武系砂岩。	复合地基处理时,4335根桩以等边三角形布置,桩长5m,桩径0.5m,间距1m。
5	K6+020~K6+305	285m	山间低洼地段,表层1.5~2.50m,局部厚约5.00m,褐黄色软塑状淤泥质粉质黏土,以下为强风化寒武系砂岩。	复合地基处理中,布置12542根桩,等边三角形排列,桩长5m,桩径0.5m,间距1m。

施工程序如图2所示。

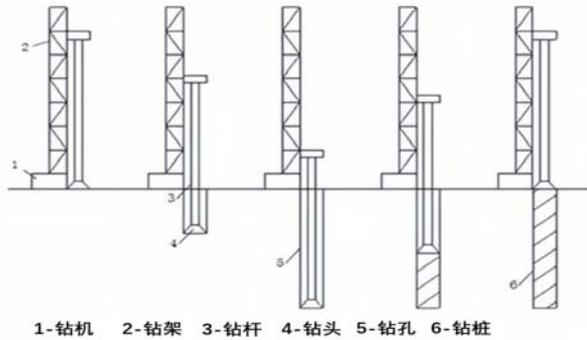


图2 深层搅拌施工程序

3.3 技术效果评估

在对深层搅拌法处理后的地基性能进行评估和分析中,收集一系列关键数据,包括地基承载力、沉降量、土质参数以及环境影响指标。表4总结了处理前后的关键数据对比,以直观展示

深层搅拌法的效果。

表5 处理前后的关键数据对比

指标	处理前	处理后	改善百分比	计算方法
初始沉降量 (mm)	25	18	-28%	公式(1)
地基承载力 (kPa)	80	105	31.25%	公式(2)
含水量 (%)	45	30	-33.30%	直接测量
密度 (g/cm ³)	1.6	1.9	18.75%	直接测量
压缩模量 (MPa)	1.2	1.7	41.67%	直接测量

由表5数据可知,地基承载力由80kPa提升至105kPa,承压能力显著增强。地基沉降量从25mm降至18mm,降幅28%,稳定性提升。含水量降低,土壤坚实,密度和压缩模量增加,土质明显改善。

4 结束语

本研究验证了深层搅拌法在高速公路软土地基处理中的有效性,并展现了其在增强地基稳定性和承载力方面的显著优势。研究的创新点包括评估固化剂的效果、优化施工监控及成本控制策略,并引入现代监测设备以提升施工精度。未来的研究将进一步探讨不同固化剂对多种土质的作用,精细化施工工艺,并着重研究环境影响和长期稳定性,以促进深层搅拌法的持续发展和应用。

参考文献

- [1]李辉.桥梁工程软土地基处理技术与质量管理分析[J].工程技术探究,2024,2(8):11.
- [2]蒋明镜,黄佳佳,刘阿森,等.考虑率相关特性的深海软土锚板承载力数值分析[J/OL].海洋工程,1-16[2024-06-26].
- [3]何万信.基于深层搅拌法的水泥搅拌桩在鲁皂水库重力坝坝基渗流中的应用[J].水利科技与经济,2024,30(1):48-52+57.
- [4]唐福来.淤泥质土条件下深层搅拌法软基处理适应性分析[J].广东水利水电,2022,(11):55-59.
- [5]刘欢.水利项目的软土地基处理技术分析[J].水上安全,2024,(22):172-174.

作者简介:

李政(1984-),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,本科,中级工程师,研究方向:公路施工、公路养护。