

不同拓宽方式对新老路基变形影响的研究

宋霖, 云梦宇, 王晨宇

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘要: 在现代交通基础设施建设中, 随着城市化进程的加快和交通量的持续增长, 对现有道路进行拓宽改造已成为满足日益增长交通需求的常见做法。通过室内路基缩尺模型试验对路基数值模型进行验证, 得到合理的路基数值模型。综合分析预制桩、EPS材料、超载预压法以及土工格栅不同拓宽方式对新老路基变形的影响, 探讨其作用机理。通过对拓宽路基的变形特性进行深入研究, 可以为工程设计和施工提供科学依据, 以确保拓宽工程的质量和安全性, 延长道路的使用寿命, 同时为类似工程提供参考和借鉴。

关键词: 路基拓宽; 路基衔接; 变形特性

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)10-0047-05

Study on Influence of Different Widening Methods on Deformation of Old and New Roadbeds

SONG Lin, YUN Mengyu, WANG Chenyu

(North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin 200074, China)

Abstract: In the construction of modern transportation infrastructure, with the acceleration of urbanization and the continuous growth of traffic volume, the widening and rebuilding of the existing roads have become a common practice to meet the growing traffic demand. The numerical model of the roadbed is verified through the laboratory subgrade scale model test, and a reasonable numerical model of the roadbed is obtained. The influence of precast pile, EPS material, overload preloading method and different widening methods of geogrids on the deformation of old and new roadbeds is analyzed comprehensively, and the mechanism is discussed. Through the in-depth study on the deformation characteristics of the widened roadbed, the scientific basis can be provided for engineering design and construction to ensure the quality and safety of the widening project, extend the service life of road, and provide reference for similar projects.

Keywords: roadbed widening; subgrade connection; deformation characteristic

0 引言

我国经济发达城市大都位于东南沿海及长江流域一带软土地区, 城市化发展带来的交通需求迅速增长, 亟须对老旧道路进行改扩建, 将不可避免地面临软基处理问题, 而软土具有含水量高、压缩性强、渗透性低、固结时间长、塑性指数大等特性, 因此这些地区的基础设施建设的复杂性都高于其他地区^[1]。在软土地区修筑路基时, 也容易引发路基不均匀沉降及承载力不足等问题, 这对道路安全运营有着极大的危害。在道路改扩建过程中, 下覆软土层会显著增大新老路基差异沉降, 增加衔接部位由

于附加应力过大的损伤程度, 降低拓宽公路使用寿命^[2]。

路基拓宽工程不仅涉及新路基的构建, 还涉及与原有路基的衔接问题, 这一过程中新老路基的变形控制尤为关键。拓宽路基时, 会采取多种不同的拓展方式^[3], 包括预制桩、EPS材料、超载预压法以及土工格栅等。每种方式都有其独特的特点和适用条件, 它们对新老路基的相互作用、应力分布和变形特性都会产生不同的影响^[4]。

本文旨在综合分析不同拓宽方式对新老路基变形的影响, 探讨其作用机理, 并提出相应的控制措施。通过对拓宽路基的变形特性进行深入研究, 可以为工程设计和施工提供科学依据, 以确保拓宽工程的质量和安全性, 延长道路的使用寿命, 同时为类似工程提供参考和借鉴。

收稿日期: 2024-11-21

作者简介: 宋霖(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事城市道路交通设计工作。

1 模型的建立与验证

1.1 室内路基缩尺模型试验

试验选用天津港某基础工程项目中,预设基坑位置 20 m 深处所获取软土试样,作为室内模型箱试验地基软土。

在实验室内搭建 1:20 的缩尺比例模拟新旧路基的沉降行为。试样箱体的内部尺寸为 1 200 mm × 400 mm × 900 mm,箱体采用透明钢化玻璃和金属框架结构,以保证试验的侧向刚度和观测便利性,具体如图 1 所示。

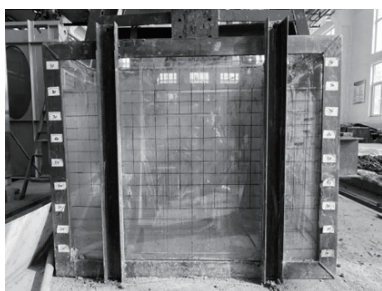


图1 室内模型箱示意图

1.2 路基数值模型建立与验证

本研究基于有限元模型建立了考虑软土特性的新旧路基数值模型。模型以 Mohr-Coulomb 本构模型为基础,结合室内模型试验的相关参数,构建了合理的数值模拟框架,具体如图 2 所示。

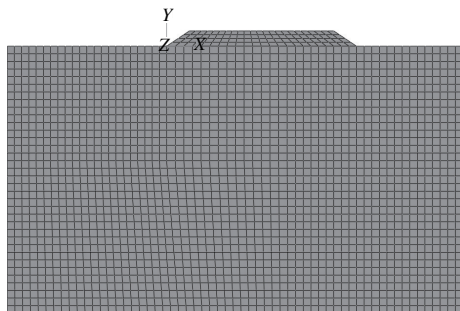


图2 路基模型示意图

为了验证数值模型的可靠性,对照组模拟结果与 1.1 节中的室内试验对照组结果进行了对比。模拟加载的工况为新旧路基上分别施加 10 kPa 的静载荷。通过对比发现,数值模拟结果与室内实验结果吻合度较高,整体误差控制在 5% 以内,表明数值模型的合理性。

模型模拟原有的路基宽度为 10 m,计划拓宽至 18 m。拓宽未采用任何方式进行处理,模拟加载的工况为新旧路基上分别施加 10 kPa 的静载荷。竖向位移模拟结果如图 3 所示。

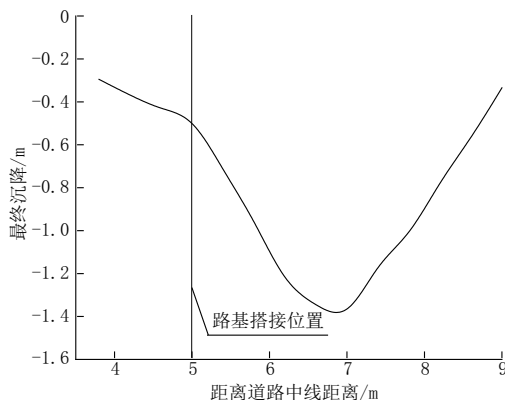


图3 未经处理的土体竖向沉降关系

2 预制桩拓宽方式

道路扩建工程中,新旧路基结合处的差异沉降是一个常见的问题。这种不均匀沉降会导致路面出现裂缝、变形,严重影响道路的使用寿命和行车安全。为了减少这种差异沉降,预制桩作为一种有效的地基加固方法被广泛应用于路基拓宽工程中。本节通过数值模拟分析,研究了预制桩对新老路基变形的影响规律,为道路工程设计和维护提供理论依据和技术支持。

2.1 预制桩对竖向位移的影响

采用有限元进行数值模拟,构建了包含旧路基、新路基、预制桩和土体的三维模型,模型中考虑了土体的非线性行为、预制桩的刚度特性以及路基的荷载条件,模拟结果如图 4 所示。

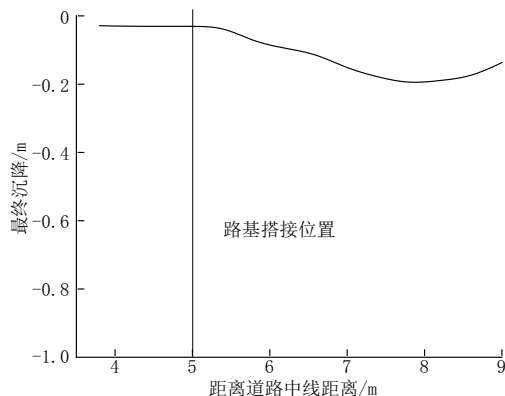


图4 预制桩对竖向位移的影响

模拟结果显示,预制桩的使用显著减少了新旧路基之间的差异沉降。无处理情况下最大竖向位移为 1.4 m,通过处理后最大位移为 0.2 m,效果显著。这是因为预制桩作为一种刚性体,将上部荷载传递到更深层的稳定地层,从而减少了上部路基的沉降。且预制桩的使用使得沉降分布更加均匀,避免了沉降集中区域的产生,这对于保持道路的平整性和稳

定性非常重要。因此可得预制桩在减少新老路基差异沉降方面的有效性,不仅能减少差异沉降,还能提高路基整体的稳定性。

2.2 预制桩对新老路基差异沉降的影响

预制桩的使用显著减少了新老路基之间的差异沉降。未使用预制桩的情况下新老下,新老路基差异沉降为 0.9 m,采用预制桩后,新老路基交界处的差异沉降减少为 0.2 m。预制桩通过其刚性结构,将上部荷载传递到深层的稳定土层中,减少了新老路基结合部位的应力集中,从而减少了差异沉降。且预制桩的使用使得沉降分布更加均匀,避免了沉降集中区域的产生,这对于保持道路的平整性和稳定性非常重要。因此预制桩不仅能减少差异沉降,还能提高路基整体的稳定性。本节的研究为预制桩在道路扩建工程中的应用提供了理论依据。

3 EPS 材料拓宽方式

近年来,随着新型轻质材料的发展和应用,一种新的路基拓宽方法:使用发泡聚苯乙烯(Expanded Polystyrene, EPS)材料,逐渐引起了工程界的关注。EPS 材料因其轻质、高强、耐久和良好的保温性能,被广泛应用于土木工程领域,尤其在路基拓宽中显示出巨大的潜力^[6]。本节将通过有限元模拟方法,探讨 EPS 材料在路基拓宽工程中的应用效果,重点研究其对新老路基差异沉降和应力分布的影响。通过模拟分析,旨在为 EPS 材料在道路扩建工程中的应用提供理论依据,并为工程设计和施工提供参考。

3.1 EPS 材料对竖向位移的影响

通过有限元软件进行模拟,分析 EPS 材料在路基拓宽工程中对新老路基竖向位移的影响,模拟结果如图 5 所示。

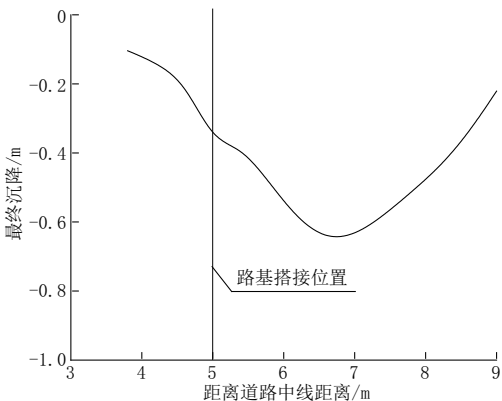


图5 EPS 材料对竖向位移的影响

模拟结果显示,EPS 材料的使用有效减少了新老路基之间的差异沉降,新老路基结合处的最大竖向位移明显减小,有效减少了差异沉降。无处理情况下最大竖向位移为 1.4 m,通过处理后最大位移为 0.6 m,效果十分明显。这是因为 EPS 材料具有低密度和高弹性模量特性,故在承受荷载时能够均匀分散压力,减少应力集中,从而减少沉降。且 EPS 材料层的存在使得新老路基之间的竖向位移分布更加均匀,避免了局部沉降过大的问题。因此可得 EPS 材料在减少新老路基差异沉降方面具有有效性,不仅能减少差异沉降,还能提高路基整体的稳定性。

3.2 EPS 材料对新老路基差异沉降的影响

模拟结果表明,不使用 EPS 材料时的最大差异沉降为 0.9 m,而在使用了 EPS 材料层后,最大差异沉降降低至 0.35 m,下降了 60%。可以看出,EPS 材料层能够显著改善新老路基的差异沉降,这是因为 EPS 材料层的低密度和高弹性模量特性,使其在承受荷载时能够均匀分散压力,减少应力集中,从而减少沉降,保证路基的长期稳定性。

4 土工格栅拓宽方式

在进行路基拓宽时,新老路基材料的差异、施工方法的不连续性以及荷载条件的变化,都可能导致新老路基结合处出现差异沉降,从而影响道路的整体性能和使用寿命。为了有效地解决这一问题,土工格栅作为一种有效的土工合成材料,被广泛应用于路基拓宽工程中。土工格栅具有较高的抗拉强度和良好的耐久性,能够通过其网格结构对土体产生约束作用,增强土体的整体稳定性,减少不均匀沉降。通过合理的布置和使用土工格栅,可以有效地提高新老路基的结合强度,改善应力分布,从而减轻差异沉降^[5]。

通过有限元模拟方法,探讨土工格栅在路基拓宽工程中的应用效果,分析其对新老路基差异沉降的控制能力。通过对比分析使用土工格栅前后的路基应力状态和沉降情况,评估土工格栅在实际工程中的应用价值和经济效益,为类似工程提供科学的设计依据和参考。

4.1 土工格栅对竖向位移的影响

通过有限元软件进行模拟,分析土工格栅在路基拓宽工程中对新老路基竖向位移的影响,模拟结果如图 6 所示。

模拟结果显示,土工格栅的使用较为有效减少

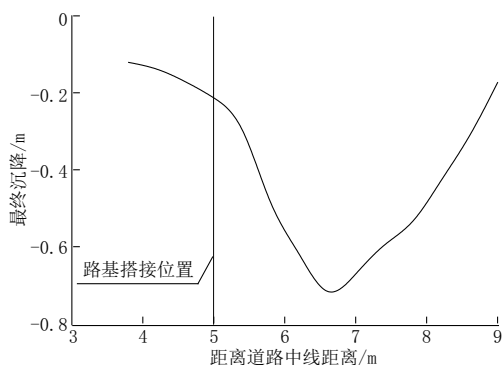


图6 土工格栅对竖向位移的影响

了新旧路基之间的差异沉降,新旧路基结合处的最大竖向位移明显减小,有效减少了差异沉降。无处理情况下最大竖向位移为1.4 m,通过处理后最大位移为0.7 m,效果较为明显。这一结果表明,在新旧路基结合处铺设土工格栅后,由于土工格栅提供的拉伸刚度和抗剪强度,显著减少了竖向位移,从而提高了路基的整体稳定性。

4.2 土工格栅对新老路基差异沉降的影响

在模拟中,无土工格栅情况,新旧路基结合处的差异沉降为0.9 m,铺设土工格栅情况,差异沉降降低至0.5 m。可以得出土工格栅的使用较为有效地减少了新旧路基结合处的差异沉降,这对于保证道路的平整度和使用性能至关重要。通过本模拟研究,我们可以得出土工格栅的使用显著减少了路基的竖向位移,提高了路基的整体稳定性。且能有效地改善新旧路基结合处的应力分布,降低应力集中现象。此外土工格栅对减少新老路基差异沉降具有显著效果,有助于提高道路的使用寿命和行车舒适性。

5 超载预压法拓宽方式

超载预压法是一种常用的路基处理技术,通过在新拓宽的路基上施加超过设计荷载的临时荷载,加速路基的固结过程,从而提前完成部分沉降,减少长期使用中的差异沉降。这种方法不仅可以提高路基的承载能力,还能有效减少路基后期的沉降量,是控制路基差异沉降的有效手段之一。

在本研究中,我们将通过数值模拟方法探讨超载预压法在路基拓宽工程中的应用效果,分析其对新老路基差异沉降的控制能力。通过对比分析超载预压前后路基的应力状态、沉降情况以及整体稳定性,评估超载预压法的实际应用价值和经济效益,为类似工程提供科学的设计依据和参考。

5.1 超载预压法对竖向位移的影响

通过有限元软件进行模拟,分析超载预压法对新老路基竖向位移的影响(见图7)。

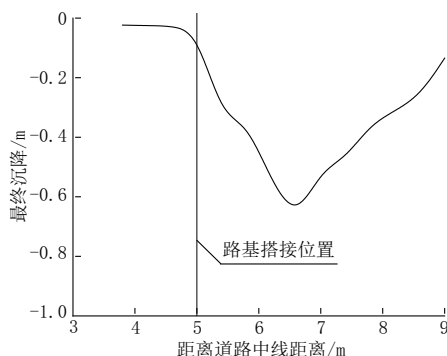


图7 超载预压法对竖向位移的影响

超载预压前新老路基结合部的最大竖向位移为1.4 m。超载预压后最大竖向位移降低至0.65 m。这一结果显示,通过超载预压法,新老路基结合部的竖向位移显著减少,表明超载预压法提高了路基的稳定性。

5.2 超载预压法对新老路基差异沉降的影响

模拟结果表明,超载预压前新老路基结合部的差异沉降为0.9 m。超载预压后差异沉降降低至0.5 m。这说明超载预压法通过提前完成部分沉降,有效减小了新老路基结合部的差异沉降,有助于提高道路的平整度和延长使用寿命。

通过本模拟研究,我们可以得出超载预压法显著减少了新老路基结合部的竖向位移,提高了路基的整体稳定性。且通过促进固结,改善了新老路基结合部的应力分布,降低了应力集中现象。此外还有效减少了新老路基结合部的差异沉降,提高了道路的平整度和延长使用寿命。

6 结 语

通过在实验室内搭建1:20的缩尺比例模拟新老路基的沉降行为,又基于有限元模型建立了考虑软土特性的新老路基数值模型。结合室内模型试验的相关参数,构建了合理的数值模拟框架。为了验证数值模型的可靠性,对照组模拟结果与室内试验对照组结果进行了对比。得到较为准确的有限元模型。

通过已建模型分别对四种拓宽方式进行模拟分析进行数据对比,如图8所示。

通过对比分析得出以下结论:

(1)无加固措施容易导致路基产生较大的差异沉降,而预制桩、EPS材料、超载预压法、土工格栅、

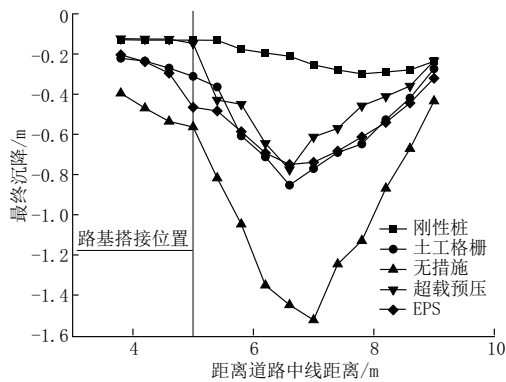


图8 四种加宽方式对竖向位移的影响对比图

都能够有效减小沉降差异;

(2)4种拓宽加固方式,预制桩的效果最好,能大幅降低竖向位移,能极大减小新旧路基差异性沉降。EPS材料与超载预压法次之,能够有效地减小竖向位移以及新旧路基差异性沉降,降低差异性沉降幅度约为60%,效果最差为土工格栅法;

(3)预制桩方式优点为效果最为明显,能大幅提高搭接路基的稳定性,但是整体造价较高,经济性较差,EPS材料换填方式效果较好,施工工期较短。但

EPS材料较脆,对施工要求较高,且整体造价较高,超载预压方式工技术成熟,简便,堆载高度大时将大大增大造价,但工期较长,且对周边环境要求较高,土工格栅方式施工方便,造价便宜,但效果较差。

通过对拓宽路基的变形特性进行深入研究,可以为工程设计和施工提供科学依据,以确保拓宽工程的质量和安 全,延长道路的使用寿命,同时为类似工程提供参考和借鉴。

参考文献:

[1] 刘延祥,徐文.新填土性质对新老路基变形的影响因素研究[J].交通科技,2019(1):11-15.
[2] 孙敏娟.基于新型泡沫轻质混凝土的高速公路路基拓宽施工技术[J].中国公路,2023(12):113-115.
[3] 李辉.公路拓宽工程中路基差异沉降研究[J].交通世界,2024(7):81-83;87.
[4] 柴月新.高速公路改扩建工程新旧路基加宽拼接施工技术探究[J].中国公路,2023(23):101-103.
[5] 杨春风,庄灿,李洪亮,等.泡沫轻质土用于软基路基拓宽时应力应变分析[J].广西大学学报(自然科学版),2016,41(1):234-245.
[6] 邱毅,余强,陈强,等.土工格栅和土工格室加筋在公路拓宽工程中的应用对比分析[J].公路交通技术,2020,36(3):7-13.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

