

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.054

钢塑格栅在高速公路拓宽工程中的应用研究

宋军¹, 贾卫东¹, 刘军霞¹, 张咪²

(1.中交二公局东萌工程有限公司, 陕西 西安 710000; 2.南京工业大学交通运输工程学院, 江苏 南京 211816)

摘要:新老路基的拼接处是改扩建公路的薄弱部位,最容易沿着结合面出现破裂面,为此钢塑格栅加筋技术在新老路基拼接工程中应用广泛。为研究钢塑格栅加筋拓宽路基的处治方案及效果,结合京沪高速公路拓宽工程,对钢塑格栅在新老路基拼接中的应用进行研究,结果表明:钢塑格栅加筋拓宽路基可以改善新老路基拼接部位受力状况,根据工程实际情况在新老路基拼接处合理铺设钢塑格栅,可以有效抑制拓宽路基土体的竖向和水平位移,优化钢塑格栅的加筋效果。

关键词:公路改扩建;钢塑格栅;差异沉降;有限元分析;施工工艺

中图分类号:U416.1

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)02-0214-03

0 引言

交通量的日益增长使得早期建成的高速公路无法满足其通行需求,对老路进行拓宽改建是一种有效处理方式^[1]。在老路的基础上修建新路,由于老路经过多年运营,沉降变形趋于稳定,新老路基固结步调不一致,容易在其交接处产生不协调变形,导致路面裂缝、边坡坍塌等病害的发生^[2]。钢塑格栅是由高强度钢丝与高分子材料复合成的网状加筋材料,抗拉强度高且蠕变小,可与土体共同受力^[3],减小土体的沉降变形,增强新老路基间的衔接性能^[4]。为达到理想的铺设效果,需要根据改扩建工程的实际情况确定钢塑格栅的施工工艺^[5],基于此,本文结合京沪高速公路改扩建工程,利用ABAQUS模拟分析钢塑格栅的加筋作用机理与应用效果,为钢塑格栅处治拼接路基不协调变形提出施工建议。

1 工程概况

京沪高速公路新沂至淮安段改扩建工程路线起自京沪高速公路苏鲁省界,路线全长约106.9 km。主线路段原有道路标准横断面宽28 m,现在原路基基础上对两侧进行加宽7 m处理,新老路基采用开挖台阶方式拼接,路基边坡比为1:1.5,路段填高2~6.5 m。

收稿日期:2022-03-25

作者简介:宋军(1981—),男,本科,高级工程师,从事公路工程建设及管理工作。

2 钢塑格栅加筋拓宽路基有限元分析

2.1 有限元模型建立

由于道路采用双侧加宽方式,关于其中心线对称,为简化计算,选取该拓宽路段典型断面的右半部分为研究对象,建立了新老路基拼接的三维有限元模型,模拟不同加筋方案下拓宽路基工后位移与应力变化情况。图1为钢塑格栅加筋4层时拓宽路基的计算几何模型,拓宽路基模型不同加筋方案的计算工况见表1。

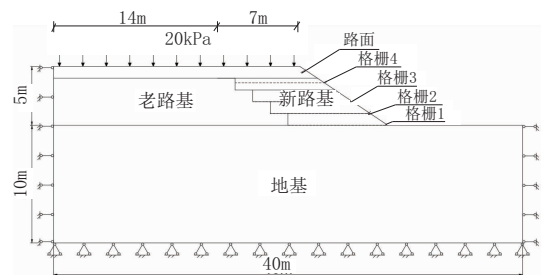


图1 计算模型简图

表1 计算模型工况

| 工况 | 钢塑格栅加筋方案 |
|-------|--------------------------------|
| 计算工况1 | 未加筋 |
| 计算工况2 | 新路基第1层底部加筋1层 |
| 计算工况3 | 新路基第1层底部+第2层底部各加筋1层 |
| 计算工况4 | 新路基第1层底部+路床顶部以下40 cm处各加筋1层 |
| 计算工况5 | 新路基第1、2、3层底部+路床顶部以下40 cm处各加筋1层 |

模型中对地基地部X、Y、Z方向位移进行全部约束,右侧面对水平位移进行约束,左侧对称面采用XXSYMM对称边界条件,地基顶面设为排水边界条件。为方便计算,路面简化为一层线弹性材料,工程

竣工后路表面车辆荷载的施加可采用等效静力荷载代替,Han^[6]等人通过研究将路面等效均布荷载确定为 10 kPa,根据本工程交通量的增长初步预测将交通荷载定为 20 kPa 的静力荷载。

2.2 计算参数选取

该拓宽路段以粉质黏土为主,土体本构关系选用 Mohr-Coulomb 模型,钢塑格栅选用线性薄膜单元模拟^[7],根据工程路段地勘报告和土工试验报告确定各模型材料参数取值见表 2、表 3。

表 2 道路结构层材料参数取值

| 土层 | 容重 / (kN·m ⁻³) | 弹性 模量 / MPa | 泊松比 | 粘聚力 / kPa | 内摩 擦角 / (°) | 渗透 系数 / (m·d ⁻¹) |
|-----|-------------------------------|-------------------|------|--------------|-------------------|------------------------------------|
| 地基 | 18 | 8 | 0.32 | 15 | 21 | 0.004 32 |
| 老路基 | 18.4 | 24 | 0.4 | 24 | 28 | |
| 新路基 | 19.4 | 20 | 0.4 | 20 | 25 | |
| 路面 | 23 | 1 500 | 0.25 | | | |

表 3 钢塑格栅参数取值

| 材料名称 | 弹性模量 / MPa | 泊松比 | 极限抗拉强度 / (kN·m ⁻¹) | 厚度 / mm | 网孔尺寸 / mm |
|------|---------------|-----|-----------------------------------|------------|--------------|
| 钢塑格栅 | 4 000 | 0.3 | 80 | 5 | 150 × 150 |

2.3 计算结果分析

2.3.1 路基土体变形特性分析

拓宽路基在不同工况条件下路表面工后竖向和水平位移见图 2,可知在新路荷载作用下,路面沉降的变化规律呈“勺”型,新路表面的沉降较大,加筋对新老路基土体的沉降变形有限制作用,加筋 5 层时路表面最大差异沉降由 6.77 cm 降至 5.63 cm,路拱横坡变化率由 0.32% 降至 0.26%。路表面水平位移最大值出现在新老路基拼接处附近,铺设钢塑格栅可以明显约束路基土体的侧向滑移。通过模拟不同加筋方案下的路面位移曲线可知,在拓宽路基底部铺设钢塑格栅限制路基土体变形效果最明显,随着加筋层数的增加,钢塑格栅对拓宽路基土体变形的限制效果逐渐减弱。

2.3.2 路基土体应力分析

钢塑格栅对拓宽路基差异沉降与水平位移的限制作用主要是由于改善了路基土内的应力分布。拓宽路基在工况 1 和工况 4 下新老路基内部土体水平应力分布见图 3,可知新老路基拼接部位存在拉应力集中现象,新路基有向外滑动的趋势,铺设钢塑格栅对老路基有拉拽作用,增强了新老路基间的衔接性,降低了路基顶面的最大拉应力,使路基土体应力分布更均衡。

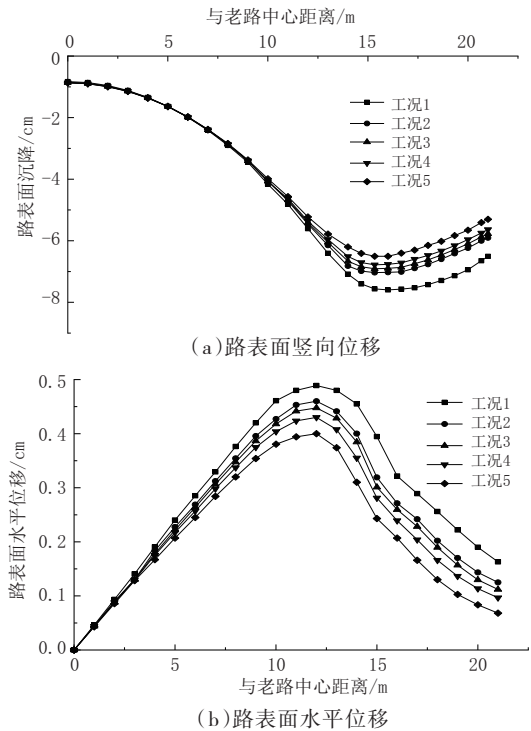


图 2 路表面竖向位移与水平位移(单位:cm)

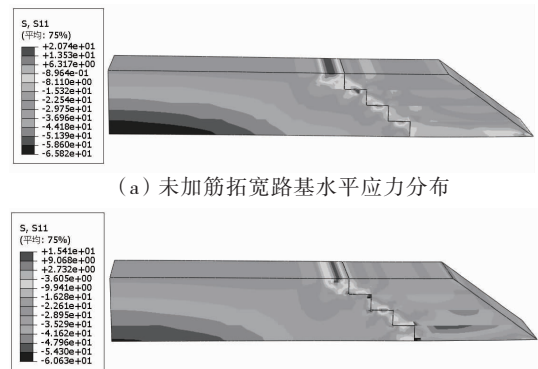


图 3 新老路基内部水平应力分布(单位:kPa)

2.3.3 钢塑格栅应力与变形分析

图 4 为钢塑格栅加筋 5 层时,每层格栅拉应力沿其长度方向分布曲线。新路基与老路基拼接的 2 m 范围内格栅所产生的拉应力较大,说明格栅与路基填土相互作用产生摩阻力,增强了新老路基填土间的粘结力。路基底部格栅拉力明显大于其上层格栅,说明在路基底部铺设一层钢塑格栅可以充分发挥其抗拉性能。靠近新路边坡处格栅拉力逐渐降低至 0,说明新路边坡处钢塑格栅的作用不大,可将本工程钢塑格栅铺设宽度定为 6 m。

3 钢塑格栅加筋拓宽路基施工工艺

3.1 施工准备

3.1.1 结合面台阶处理

钢塑格栅铺设前需对新老路基结合面进行处

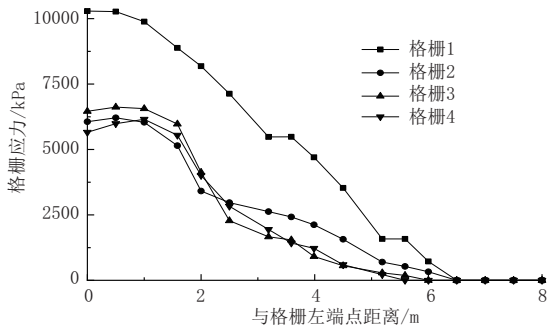


图4 钢塑格栅沿其长度方向拉应力分布(单位:kPa)

理,清除清除老路边坡表面草皮、腐殖质土,沿老路坡面开挖台阶。为确保钢塑格栅得到有效锚固,同时考虑施工量大小,确定铺设钢塑格栅的老路台阶宽2 m,中部台阶宽度不小于1 m,台阶高宽比按1:1.5控制。

3.1.2 钢塑格栅质量检验

为确保钢塑格栅的产品质量,铺设前需检验每批格栅性能,合格后方可铺设。本工程选用GS-GS80-80双向型钢塑格栅,其极限抗拉强度不小于80 kN/m,屈服延伸率不大于3%,产生较高抗拉强度的同时格栅自身的变形较小。

3.2 钢塑格栅铺设

3.2.1 铺设层位与宽度

通过有限元分析可知,本改扩建工程中,铺设在拓宽路基底部的钢塑格栅所产生的拉应力最大,中部格栅较小,并且随着格栅铺设层数的增加,加筋效果减弱,因此,确定在拓宽路基底部过渡层中间铺设一层格栅。同时为改善路基顶部受力状况,在路床顶部以下40 cm处铺设一层钢塑格栅,对路基顶面荷载起到扩散作用。由于格栅拉应力沿格栅长度方向逐渐减小,新老路基拼接处拉应力最大,靠近新路边坡处拉应力减小到0,可将格栅铺设宽度定为6 m。

3.2.2 钢塑格栅铺设注意事项

钢塑格栅需铺设的土层表面需压实平整,防止有碎、块石等坚硬凸出物刺破钢塑格栅。铺设时应沿垂直于路基轴线方向铺设,格栅需紧贴下承层,拉直平顺,不得有折皱^[8]。当采用搭接法连接时,为保证钢塑格栅的整体性,横向搭接长度宜不小于20 cm。最后采用U型钢钉将其固定于填土下承层表面,以增强钢塑格栅搭接处的抗拉强度和稳定性,防止因锚

固不牢、路基滑移导致的格栅从路基中扯出等问题。

3.3 摊铺填料和碾压

为避免受到阳光过长时间暴晒,钢塑格栅铺设完成后需立即用填料填筑,一般间隔时间不超过2 d,以免长时间暴晒导致格栅的性能发生变化,影响施工质量与效果。所选填料及其压实度、平整度均应满足设计要求,且填料的粒径不得超过1/2的碾压层厚度。填筑时应分层摊铺、分层碾压,钢塑格栅上的第一层填料摊铺应采用轻型推土机或装载机按滚填的方式进行填筑,碾压时应从外侧向老路堤方向碾压,每层碾压完毕后,应抽检其压实度,在靠近台阶附近1 m宽附近区域内可用夯实机补充夯实,一切大型车辆、施工机械禁止直接在钢塑格栅上行驶,以免将钢塑格栅拉起或产生褶皱。

4 结语

(1)新老路基的拼接处是高速公路拓宽工程中的薄弱部位,最容易沿其结合面出现破裂面,采用钢塑格栅加筋技术处治拓宽路基能够有效限制土体的竖向和水平位移,改善路基土体应力分布,增强新老路基的衔接性。

(2)钢塑格栅应用于高速公路改扩建工程中时需结合实际工况确定其施工工艺,合理铺设钢塑格栅,严格控制工程质量。

参考文献:

- [1] 史玉波,吴志勇,刘春涛.成乐高速公路改扩建沥青路面平整度提升工艺研究[J].交通世界,2020(9):36-37.
- [2] 周宇,肖裕民.新旧路基拓宽常见病害分析[J].重庆交通学院学报,2006,25(1):71-74.
- [3] 刘英,何哲.《公路工程土工合成材料土工格栅第1部分:钢塑格栅》标准介绍[J].公路交通科技(应用技术版),2015(3):94-96.
- [4] 刘巍巍,李永会,张百永,等.路基拓宽工程中土工格栅加筋特性有限元分析[J].公路工程,2016,41(3):158-161.
- [5] 梁江峰.改建公路路基钢塑土工格栅处置层施工方法研究[J].交通世界,2020(36):79-80.
- [6] Han J,Gabr M A.Numerical Analysis of Geosynthetic-Reinforced and Pile-Supported Earth Platforms over Soft Soil[J].Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering,2002,128(1):44-53.
- [7] 冯逢斌,缪林昌,王月香.土工格栅加筋路堤的非线性数值分析[J].公路交通科技,2013,30(2):19-25.
- [8] 杨新.新旧路基搭接施工浅析[J].中国标准化,2017(6):209-214.