

公路改扩建路基差异沉降特性研究

潘瑞, 王俊

(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 550081)

摘要: 为提高公路改扩建项目建设水平, 分析了路基差异沉降量的计算理论和主要原因, 利用 ANSYS15.0 绘制数值模型, 得到新老路基间的不均匀沉降变形, 并探讨加宽高度、填料重度的影响规律。研究结果表明, 路基竖向位移和水平位移基本呈中间小两边大的“凸”形变化趋势, 其最大值分别位于土路肩的边缘和新老路基结合位置; 随着加宽高度和填料重度增加, 加宽路基和地基土各监测点的沉降变形和新老路基间差异沉降也随之变大, 且路基加宽高度从 2 m 至 12 m, 新老路基不均匀沉降提高 129.3%, 填料重度每提高 5 kN/m³, 新老路基差异沉降平均增加 79.4%。

关键词: 路基加宽; 差异沉降; ANSYS; 沉降特性

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)06-0227-04

0 引言

在公路项目建设初期, 由于交通规划、设计理念、施工机械及技术水平等因素局限, 使得很多原先建成的公路通行能力已经难以适应当地交通发展的需求, 影响了沿线经济和行车舒适度, 甚至可能导致交通事故频发。由于新建公路工程占地面积大、资金耗费多, 选择经济、合理、可行的改扩建方案, 并确保路基的工后差异性沉降满足规范要求, 已经成为工程技术人员要解决的重要问题。

经过多年工程实践, 国内外学者及工程技术人员针对新老路基的差异沉降开展了一些研究, 如郑勇^[1]依托湖南省莲花冲至株洲公路工程, 利用软件 FLAC3D 分析了土工格室在处治新老路基差异沉降的应用成果; 陈志宝^[2]以某二级公路双侧拼宽工程为研究对象, 研究了路基填料的压缩模量、抗剪强度参数等因素对新老路基不均匀沉降的影响规律; 贾宝新^[3]利用土工离心模型试验, 分析了 CFG 桩对新老路基不均匀沉降的控制效果。但是, 很多设计人员在开展公路改扩建任务时, 对新老路基差异沉降规律并不重视, 过分追求高指标, 设计方案保守, 从而导致工程规模过大、费用过高等问题。故分析公路改扩建路基差异沉降特性具有重要的工程意义。

1 公路路基差异沉降机理分析

1.1 路基差异沉降计算理论

在公路改扩建项目中, 新老路基之间的沉降差来自老路基、新路基及其下地基土在外部荷载、自身重力等作用下的压缩和固结沉降(瞬时沉降、主固结沉降及次固结沉降)。其中, 主固结作用在路基的工后沉降中起主导作用^[4]。路基的工后沉降 S 计算方法如下:

$$S = mS_c$$

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_i}{E_{si}} \Delta h_i$$

式中: m 为经验系数, 与荷载大小、土质等有关; S_c 为主固结沉降; ΔP 为第 i 层中点应力; E_{si} 第 i 层压缩模量; Δh_i 为第 i 层厚度。

计算新老路基之间的不均匀沉降可以将荷载划分成三部分, 即一个矩形荷载分布区(Ⅲ区)和两个三角形荷载分布区(Ⅰ区和Ⅱ区), 求出三部分荷载之和, 则可计算出地基深度 Z 处应力大小。加宽路基荷载分布划分方式同上^[5], 如图 1 所示。

1.2 新老路基差异沉降原因分类

在公路改扩建项目中, 新老路基结合位置出现不均匀沉降的原因为^[6]: 第一, 受填料最佳含水量、施工条件、施工技术等因素的限制, 加宽路基的土体压实不足, 使得新老路基之间的压实度相差较大。第二, 新老路基之间变形不协调, 使得原地基土在公路拓宽前已经基本固结完成, 弹性模量小, 变形小; 同时, 随着上部荷载的增加而变大, 新路基下地基土压缩性大,

收稿日期: 2021-03-03

作者简介: 潘瑞(1988—), 男, 学士, 工程师, 从事路桥工程设计工作。

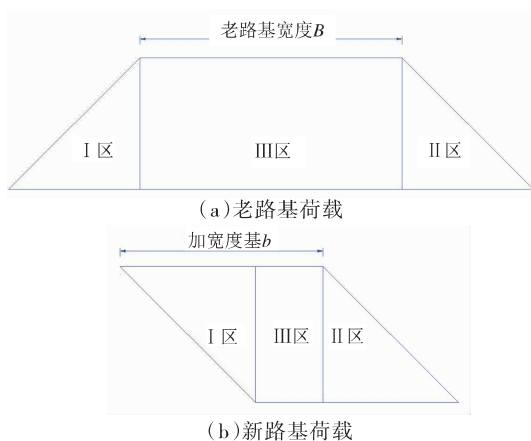


图1 新老路基荷载分布区域划分图

沉降量及变形速率也较快。第三,新老路基结合位置施工难度大,存在压实度小、开挖台阶尺寸不符合设计要求或采取的处治措施不合理等问题。

2 公路拓宽差异沉降计算模型建立

2.1 工程概况

以某一级公路改扩建项目 K6+180 横断面为实例,利用 ANSYS15.0 来探讨新老路基的不均匀沉降变形。该断面老路基宽度是 26 m,采用两侧加宽的方案进行改建,每侧拓宽 8 m,加宽后整个路基横断面宽度为 42 m,路基的平均填方高度为 8 m,边坡的坡率为 1:1.5。计算宽度取 3 倍的路基底部宽度,计算深度取地基下 30 m,具体尺寸如图 2 所示。

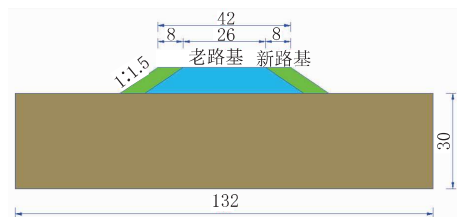


图2 新老路基差异沉降计算模型(单位:m)

2.2 计算参数确定

2.2.1 屈服准则选取

土体屈服准则是指土体在荷载作用下的应力—应变关系。路基和地基土体的沉降变形不仅受到外部荷载的作用,静水压力和土体之间的侧向力也会对其沉降产生一定程度的影响。同时,路基和地基土体的抗压强度远大于抗拉强度,故选择有限元软件 ANSYS 内置的 $D-P$ 屈服准则来模拟土体的变形^[7]。 $D-P$ 屈服准则的计算公式为:

$$F = t - p \tan \beta - d = 0$$

式中: t 为偏应力; β 为应力曲线倾角; d 为屈服面的截距。

2.2.2 单元类型和边界条件

公路路基可视为无限长带状物,其沉降变形分析属于平面应变问题,可采用 Solid45 单元来模拟路基土体。公路加宽后对地基地部的 X、Y、Z 方向全部约束,地基两侧只约束 X 方向,路基边坡约束 Z 方向,路面车辆荷载通过在路基顶部加载 1m 的土柱来模拟。

2.2.3 路基填料参数

该一级公路所在地理位置以粉质黏土为主,根据岩土勘察报告可知 K6+180 路基横断面土体的物理力学参数如表 1 所列。

表1 路基土体物理力学参数表

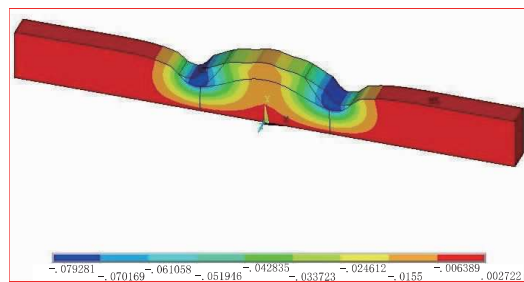
位置	容重 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	凝聚力 / /kPa	内摩擦角 / /(°)	压缩模量 / /MPa	土石 分级
老路基	18.0	28.2	29.8	35.5	II
新路基	18.0	22.3	24.6	32.6	II
老路地基	19.5	38.5	18.0	12.8	IV
新路地基变质砂岩	19.5	30.6	16.5	11.5	IV

3 公路拓宽差异沉降变化趋势及影响因素分析

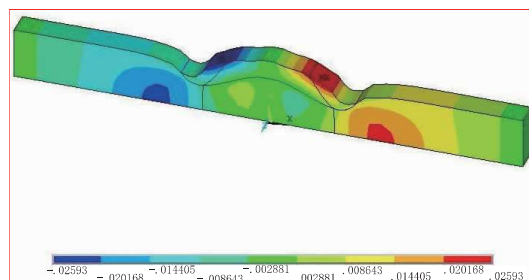
在建模、划分网格、确定设计参数、设置边界条件等工作完成之后,分析了路基加宽后新老路基的沉降(竖向位移和水平位移)变化规律,并分析了加宽高度、填料重度对拓宽路基不均匀沉降的影响规律。

3.1 新老路基差异沉降特性

有限元软件 ANSYS 计算出路基加宽后,路基的竖向位移和水平位移变化云图如图 3 所示。



(a) 竖向位移



(b) 水平位移

图3 新老路基沉降变形云图

计算结果表明,路基加宽后,路基竖向位移是中间小两边大,呈“凸”形变化。老路基的中心位置变形最小,且距离路基中心线距离越远,沉降变形越明显。新路基的最大竖向位移在土路肩的边缘,从土路肩向路基边坡坡脚方向的三分之二范围内的竖向位移较大,路基边坡坡脚处竖向位移较小;路基加宽后,路基水平位移最大值出现在新老路基结合位置,且新路基坡脚下一定深度范围内的地土基也出现了较大的水平位移。无论是竖向位移还是水平位移,新路基的变形都远大于老路基的变形。

3.2 新老路基差异沉降的影响因素

3.2.1 加宽高度

由于公路沿线地形的限制,路基在加宽时填土高度并不完全相同,会导致新老路基的附加荷载有变化。在拼宽方式、屈服准则、材料物理力学参数等不变的条件下,选择填土高度分别是2 m、4 m、6 m、8 m、10 m、12 m,得到不同加宽高度下路基顶面的沉降变形见图4所示。

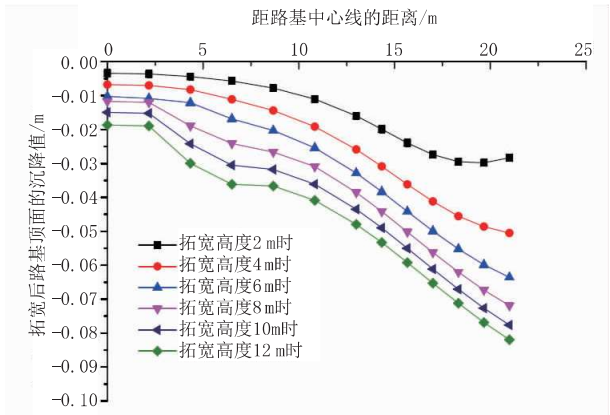


图4 不同加宽高度下路基沉降变形曲线图

由图4可知:由于路基加宽高度的增加,作用在新老路基上的附加荷载也随之提高。在不同填土高度下,路基最大沉降点均大致位于拓宽路基路肩处。随着加宽高度的增加,路基各点沉降量也不断增加。当填土高度小于8 m时,路基沉降变形速率较缓;当填土高度超过8 m时,路基沉降变形与距老路中心线的距离基本呈线性增长。同时,在不同加宽高度下,新老路基的差异沉降见表2所列。随着路基加宽高度的增加,新老路基的差异沉降也不断增加,但增加速率不断减小。路基加宽高度从2 m至12 m,新老路基的差异沉降增加了129.3%,即填土高度每增加2 m,新老路基差异沉降平均增加25.8%。

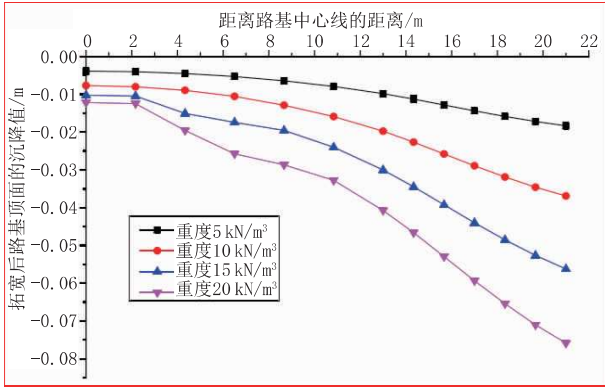
3.2.2 新路基填料重度

早期的公路工程建设,一般直接是用土填筑。随

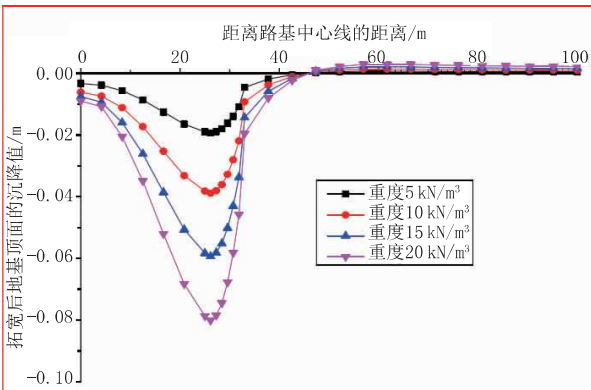
表2 不同加宽高度下新老路基差异沉降一览表

加宽高度 /m	新老路基差异沉降 /cm
2	3.24
4	4.47
6	6.43
8	7.12
10	7.37
12	7.42

着路用材料的发展和施工技术的提高,越来越多的新型路基填料(如EPS、FCB等)被用到公路改扩建项目中,不同填料的重度相差可能较大,对路基变形的影响也有差异。选择加宽填料重度分别为5 kN/m³、10 kN/m³、15 kN/m³、20 kN/m³,得到不同填料重度下路基顶面和地基顶面的沉降变形如图5所示。



(a)路基顶面沉降



(b)地基顶面沉降

图5 不同填料重度下路基和地基沉降变形曲线图

由图5(a)可知,在距老路中心线的距离相同的条件下,随着新路基填料重度的增加,路基各点沉降量也不断增加。在不同路基填料重度下,路基的最大沉降点均大致位于新路基的路肩处。当在距老路中心线的距离小于2 m时,各填料重度下路基沉降值基本保持不变;当在距老路中心线的距离大于4 m时,路基顶面沉降值随着距老路中心线的距离增加而增加。由图5(b)可知,在路基填料重度下,地基顶

面的最大沉降点出现在新路基边坡的坡脚处。同时,当监测点距老路中心线的距离大于 40 m 时,地基顶面沉降基本不受填料重度的影响。在不同路基填料重度下,新老路基的差异沉降见表 3 所列:随着填料重度的增加,新老路基差异沉降不断增加,且二者之间基本呈线形正相关。路基填料重度从 5 kN/m^3 至 20 kN/m^3 ,新老路基的差异沉降增加了 317.4%,即填料重度每增加 5 kN/m^3 ,新老路基差异沉降平均增加 79.4%。

表 3 不同填料重度下新老路基差异沉降一览表

填料重度 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	新老路基差异沉降 / cm
5	1.55
10	3.02
15	4.68
20	6.47

4 结 语

(1)公路新老路基间差异沉降差源于老路基、加宽路基及地基土在外部荷载、自身重力作用下产生地压缩和固结。

(2)公路路基拓宽后,路基沉降变形基本呈中间小两边大的“凸”形变化趋势,同时路基的最大竖向位移在土路肩的边缘,从土路肩向路基边坡坡脚方

向的三分之二范围内的竖向位移较大,路基水平位移最大值出现在新老路基结合位置。

(3)路基顶面沉降量和新老路基的差异沉降随着路基加宽高度的增加而增加,且加宽高度超过 8 m 时,路基沉降与距老路中心线的距离基本呈线形增长。

(4)在不同路基填料重度下,路基最大沉降点位于新路基的路肩处,且随着填料重度的增加,新老路基差异沉降不断增加。

参考文献:

- [1] 郑勇. 旧路拓宽工程新老路基差异沉降分析及工程应用[D].长沙:湖南大学,2018.
- [2] 陈志宝. 高速公新旧路基差异沉降分析与处理技术研究[J].交通世界,2019(17):29-32.
- [3] 贾宝新,刘丰溥,赵良,周琳力,李志永.公路改扩建导致新老路基差异沉降的因素分析[J].安全与环境学报,2020,20(1):67-72.
- [4] 张溯. 延安北过境线路基拓宽差异沉降特性及控制标准研究[D].西安:长安大学,2019.
- [5] 张天佑. 高速公路扩建路基差异性沉降分析与控制措施[J].工程建设与设计,2020(17):38-40.
- [6] 黄先刚. 公路改扩建中新旧路基不均匀沉降的有限元模拟及处治研究[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(1):74-75.
- [7] 刘杰. 老路拓宽中的软土路基沉降分析及排水系统设计[D].广州:东南大学,2018.

(上接第 213 页)

(3)梁底墩台位置模板增加可移动砂箱支撑。

在墩、台顶面与梁底模板间设置可向内侧位移的临时砂箱。砂箱须具有张拉前保持稳定的特性。在张拉时,方便可解除限位和向内位移的功能。砂箱位移量控制在 2~4 cm。

6 结 语

桥梁工程是公路建设百年大计中重之又重的工程,关乎公路畅通,关乎后期的养护成本,关乎整条道路的使用寿命,关乎使用者的使用成本乃至生命。支座作为桥梁结构的核心构件,虽然成本不高,但其质量和工作状态关乎桥梁的整体安全。作为桥梁建

设相关技术人员,对此要高度重视,避免不必要减少其使用寿命的行为,使桥梁全寿命周期安全低耗是我们每一位建设者的责任与义务。

参考文献:

- [1] 范立础. 桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,2001
- [2] JTG3362—2018,公路公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] JTG F80/1—2017,公路工程质量检验评定标准[S].
- [4] JT/T4—2019,公路桥梁板式橡胶支座[S].
- [5] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工规范[S].
- [6] 衡水橡胶股份有限公司.一种可调节转换支座[P].中国专利:ZL201620137252.3,2016-07-27.