

# 拓宽路基不均匀沉降分析与控制技术研究

付长凯,周桂梅

(长安大学公路学院,西安 710064)

**摘要:**以某拓宽工程为例,通过实际沉降监测数据研究新老路基的不均匀沉降特性,并从理论角度对产生不均匀沉降的原因进行分析与研究,从而提出相应的不均匀沉降控制技术,以便避免或减少不均匀沉降现象发生,确保高速公路的正常运营,且对高速公路路基稳定、使用寿命及使用品质具有重大意义。

**关键词:**拓宽路基;不均匀沉降;控制技术

**中图分类号:**U416.042

**文献标志码:**A

目前,随着我国经济的快速发展,大部分高速公路已不能满足交通量快速增长的需求,因此,扩大其通行能力并对老路进行加宽改建则是行之有效的方法之一。如何使新老路基稳定结合,避免出现新老路基的不均匀沉降,则是改建技术的关键所在。因为路基不均匀沉降会对路面结构和性能产生重大影响,直接影响其整体稳定性,由于老路基的长期运营,沉降已基本完成,而新路基受固结沉降等原因,导致新老路基存在沉降差异,致使不均匀沉降现象发生<sup>[1]</sup>。目前的关键问题是保证新老路基能够有效稳定的连接,减小新老路基之间的不均匀沉降,防止路面纵向裂缝等一系列病害的发生。为此,对存在新老路基不均匀沉降现象进行现场观测,对控制新老路基不均匀沉降技术提供现实依据。

## 1 拓宽路基常见病害

高速公路拓宽引起的新老路基之间的不均匀沉降会对公路的稳定、安全、使用性能造成很大影响,继而会产生一系列的病害问题,主要有:

- (1)新老路基结合处的滑移和新拓宽路基的整体失稳<sup>[2]</sup>。
- (2)沥青和混凝土路面损坏。
- (3)边坡坍塌和支挡结构损坏。
- (4)路面病害导致道路结构性能和服务性能下降。

## 2 理论分析

引起新老路基不均匀沉降原因是多样的,一方面包括地基和路基固结程度,另一方面则是路基填土压实度。

### 2.1 太沙基固结理论

首先从土的固结作用对路基产生不均匀沉降分析,其中最终沉降量包括瞬时沉降、主固结沉降和次固结沉降三个部分。

瞬时沉降是指外荷载加上的瞬间发生的沉降,此时土中孔隙水尚未排出,只发生形变,常把这种变形称之为剪切变形。主固结沉降是指荷载作用在地基和路基之后,随着时间的延续,孔隙水不断排除过程中所发生的沉降,是路基沉降的主要部分<sup>[3]</sup>。瞬时沉降在施工期

间已经完成,主固结沉降也已完成大部分,可以用固结度衡量地基和路基的固结程度。高速公路施工结束后产生的沉降主要是次固结沉降,如果主固结沉降没完成,还会承担一部分沉降。

主固结沉降状态可用太沙基一维固结理论解释,因为太沙基一维固结理论可用于求解一维有侧限应力状态下,地基土和路基土受外荷载作用发生渗流固结过程中任意时刻的土骨架及孔隙水的应力分担量<sup>[4]</sup>。

太沙基一维固结微分方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

其中,  $C_v$  称为土的竖向固结系数( $cm^2/s$ ),可表示为:

$$C_v = \frac{k(1 + e_0)}{\alpha \gamma_w} = \frac{kE_s}{\gamma_w}$$

式中  $H$  为孔隙水的最大渗径,  $T_v$  为时间因数。

从太沙基固结理论中可以看出,荷载作用的影响,土层开始固结,空隙水压力逐渐减小,土的有效应力逐渐增大,随着时间的推移,土层空隙水开始慢慢渗出,从而造成土层骨架的缩减,导致路基发生沉降。高速公路施工结束后,固结度(即认为路基在施工中完成沉降占总沉降百分比)是判定路基固结程度的标准,用  $U_t$  表示:

$$U_t = \frac{2\alpha U_0 + (1 - \alpha)U_1}{1 + \alpha}$$

其中,

$$U_0 = 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} T_v}$$

$$U_1 = 1 - \frac{32}{\pi^3} \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} T_v}$$

式中:  $\alpha$  为排水面处附加应力( $P_1$ )和非排水面处附加应力( $P_2$ )之比,如果为双面排水,则  $\alpha = 1$ <sup>[5]</sup>,在路基计算中,如果路基为顶面排水和底面不排水的情况,即为单面排水,则  $\alpha = P_1/P_2$ ;如果为双面排水,则  $\alpha$  取 1。 $U_0$  如果孔隙压力分布图为矩形,则  $\alpha$  值取 1;  $U_1$  如果孔隙压力分布图为三角形,则  $\alpha$  值取 0;  $e$  为自然对数的底,  $e = 2.7182$ 。

如果施工期间路基固结作用已完成,即固结度等于 1,则路基在施工中完成沉降就是总沉降。不过实际固结度不可能达到百分之百,所以主固结状态还会对工后

沉降产生一定影响,主固结状态结束后则开始发生次固结沉降。地基沉降和路基一样也要经历沉降的三个阶段,如果地基主固结作用没有完成,即固结度小于 1,也会对高速公路工后沉降产生影响。

太沙基理论计算路基沉降,需要一系列的假设和边界条件,但新老路基沉降存在较多差异性,很多初始条件和边界条件与太沙基理论存在差异,因此其应用受到一定限制<sup>[6]</sup>。

## 2.2 路基填土压实度原因分析

压实度是指土压实后的干密度与标准最大干密度之比,以百分率表示(压实度 = 工地试件干密度/标准干密度  $\times 100\%$ ),是路基施工质量检测的关键指标之一,表现现场压实后的密度状况,压实度越高,密度越大,材料整体性能越好<sup>[7]</sup>。如果压实度不足,往往会导致填方路基的不均匀沉降变形,路基两侧出现纵向裂缝<sup>[8]</sup>,路基土体压实度不足的主要原因有:

- (1) 土体最佳含水量控制不好,压实效果不能满足要求。
- (2) 压实作用时间不足,路基压实不充分<sup>[9]</sup>。
- (3) 填料发生变化,与原土击实试验的土样不符。
- (4) 碾压不均匀,局部有漏压现象。

## 2.3 其它原因

除了地基和路基本身固结作用和路基压实度不足会导致路面发生沉降之外,路堤填料不均匀、地下水的影响以及施工组织不当等原因也会对路基沉降造成不同程度的影响。

## 3 不均匀沉降的控制技术

(1) 首先是对拓宽地基部分进行地基处理,以防止产生较大沉降。在对老路基进行拓宽时,应该把控制不均匀沉降作为最主要的设计原则,在进行地基处理时,要根据不同的路基类型、填筑高度以及路段位置因素选择合适的处理方法。高速公路拓宽工程中,地基处理技术很多,目前,拓宽工程常用地基处理技术有:强夯法、排水固结法、灌入固化物法和加筋法等多种方法,根据需要选择不同的地基处理方法。

- (2) 对路基要充分压实,提供足够的压实时间,另外

要保证路基填方土体的最佳含水量,使其达到最好的压实效果,以防止工程结束后产生较大的固结沉降。

(3)对新老路基结合处的加固。常用的加固技术是土工合成材料的运用,该加固技术的使用能够使新老路基衔接良好,使其成为一个整体,能够有效的控制拓宽工程中常出现的不均匀沉降。通常在老路基开挖台阶后,在台阶上沿道路纵向铺设一定的土工合成材料,并在新路基内部铺设,将新老路基连接为一体。为加强新老路基的衔接,必要时还可以向老路基中植入加筋带<sup>[10]</sup>。新老路基结合处加固之后,其结合处滑移和新拓宽路基整体失稳就可以得到有效控制。

(4)控制纵向半填半挖或地面横坡较陡段产生的不均匀沉降,首先应该按规范要求做出相应的纵向台阶,然后对台阶进行充分压实,再进行从低向高处进行分层填筑<sup>[11]</sup>。这样能够保证路基填土均匀,结合效果良好,从而能够对不均匀沉降控制起到一定作用。

(5)在同一填筑层必须使用相同的材料,最好来自同一土场。最重要的是要严格控制土方分层厚度、含水量、平整度和碾压遍数,并加强压实度的检测<sup>[12]</sup>。

### 4 工程实例

#### 4.1 监测点布设

公路路基不均匀沉降观测路段依托工程为某公路改造工程,为了解该公路新老路基的沉降特点,便于将观测到的沉降规律推广到整条道路的改造中去,选择两路段进行沉降监测点布设,图 1 为该公路拓宽示意图(本段公路路基拓宽为双侧拓宽),图 2 为监测点布设示意图。

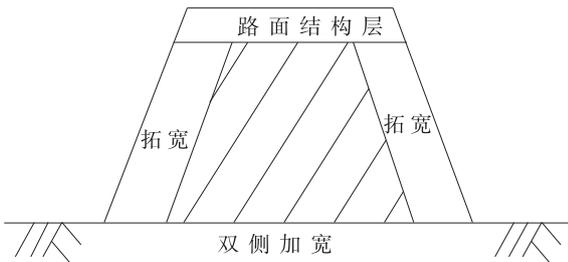


图 1 公路双侧加宽示意图

两路段沉降监测点布设位置相同,第一段是在老路面中间布设 1#点,在新老路面接缝处位置布设 2#点,在

拓 宽	第一段	1#	2#	3#
	第二段	4#	5#	6#

图 2 监测点布设示意图

拓宽路面边缘处布设 3#点;第二段布设位置和第一段相同,分别是 4#、5#和 6#点,总共设置 6 个监测点。

#### 4.2 沉降监测数据分析

图 3 ~ 图 6 分别为第一、第二路段累计沉降时间曲线和累计沉降速率时间曲线图。

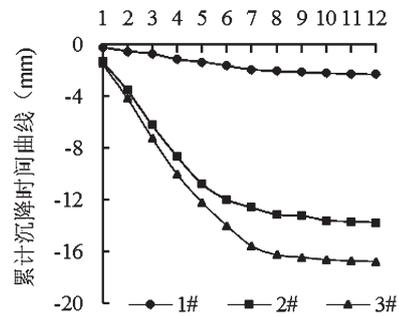


图 3 第一段累计沉降时间曲线

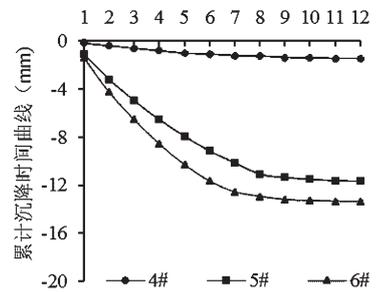


图 4 第二段累计沉降时间曲线

通过对该公路拓宽之后 12 个月沉降监测数据分析可知,第一段和第二段沉降特性基本相同,从图 3 和图 4 可知,老路面上 1#点和 4#点沉降值比较小,1#点和 4#点 12 个月累计沉降值都没超过 2 mm,1#点相比 4#点沉降略大,从图 5 和图 6 看出两点累计沉降速率基本保持一条直线,说明老路上沉降很小,已经处于稳定状态。

新老路基接缝处 2#点和 5#点沉降变化比较大,从

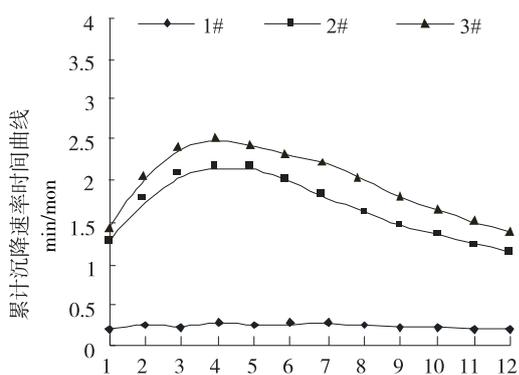


图5 第一段累计沉降速率时间曲线

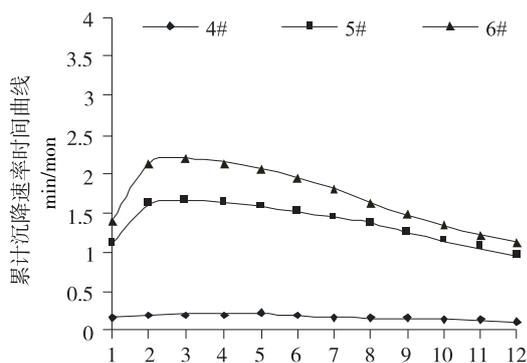


图6 第二段累计沉降速率时间曲线

图3和图4分析,1月至7月累计沉降增加到12 mm左右;图5和图6中累计沉降速率时间曲线得知沉降从拓宽之后通车开始增大,前期增幅相对比较大。四个月之后累计沉降速率开始减小,随着时间的推移,累计沉降时间曲线逐渐趋于平缓,时间速率曲线也变得很稳定,说明该处沉降越来越小,路面基本趋于稳定。拓宽路面边缘处3#点和6#点沉降特性基本和新老路基接缝处2#点和5#点沉降变化规律基本相同。但是相同位置布设的监测点2#点和5#点、3#点和6#点最大累计沉降量有明显不同,第二路段的最终累计沉降量明显小于第一段最终累计沉降量。

#### 4.3 结论

由监测数据分析可知,新老路基产生了明显的不均匀沉降,因为老路基在多年运营之后,固结已经基本完成,而新路基则开始重复老路基最初的沉降过程,工后还要继续主固结沉降,最终步入次固结沉降,最后达到稳定状态。工后得出的监测数据基本和太沙基理论分析吻合,因为路基施工完毕之后,其固结度必须达到90%以上(即主固结状态完成大部分),工后沉降则相应

承担10%的分量,也就是承担10%的最终沉降量。另外,本工程的监测数据满足公路工后沉降规范要求( $\leq 30$  mm),并符合用分层总和法(应用于太沙基固结状态)估算最终沉降量。

本公路工程在拓宽之前就已经考虑到新老路基会产生不均匀沉降,所以为了尽量减小新老路基产生的不均匀沉降,在老路基开挖台阶后,在台阶上沿道路纵向铺设一定的土工合成材料,该加固技术的使用能够使新老路基衔接良好,使其成为一个整体,能够有效的控制拓宽工程中常出现的不均匀沉降。通过监测数据来看,效果是有的,但不是特别理想。

另外,扩幅部分的沉降超过了10 mm,将会对路面造成很大的破坏,还可能会在接缝处产生大的纵向裂缝等问题,最终影响其安全使用。所以必须在路基施工前做好预防措施尽量减小新老路面产生过大的不均匀沉降,对可能引起的因素都要做好控制措施,包括做好地基处理,控制好路基压实度,并应用先进的土工合成材料加固技术等。

#### 5 结束语

公路拓宽引起的不均匀沉降可能会对路面结构造成很大的破坏,必须引起公路建设单位的高速重视,通过两路段沉降监测数据分析可知,新老路基最终累计沉降量有很大差异,规律明显不同,本文理论分析了新老路基的不均匀沉降以及提出相应的措施控制不均匀沉降的发生。

#### 参考文献:

- [1] 程 琚.路基拓宽不均匀沉降观测与分析[J].山西建筑,2008(21):271-272.
- [2] 吕玉波.拓宽公路工程差异性沉降原因分析及处理措施[J].科技信息,2012(8):399-400.
- [3] 刘 皓.地基不均匀沉降的危害及防治[J].中国水运,2010(9):220-221.
- [4] 吴志心.路基沉降稳定性分析及路面缓铺技术研究[D].西安:长安大学,2006.
- [5] 李 波.上海浦东国际机场外侧促淤工程地基的沉

- 降控制[J].上海建设科技,2009(5):46-47.
- [6] 王金树.观测和分析公路路基拓宽不均匀沉降[J].林业勘察设计,2009(2):152-154.
- [7] 闫国栋.高速铁路路基连续压实质量控制研究[D].长沙:中南大学,2010.
- [8] 刘士艳.浅议公路路基不均匀沉降病害分析及处理措施[J].城市建设理论研究,2012(5):49-50.
- [9] 张昌尧.水泥混凝土路面路基不均匀变形分析与控制[D].上海:同济大学,2009.
- [10] 马国栋.基于拓宽路基不均匀沉降仿真的控制技术研究[D].武汉:华中科技大学,2011.
- [11] 陈和悦.探究山区公路路基不均匀沉降特征及应对措施[J].黑龙江交通科技,2009(6):84-85.
- [12] 张学辉.浅谈公路路基不均匀沉降的控制[J].黑龙江科技信息,2008(22):197.

## Analysis of Uneven Settlement and Research of Control Technology of Widening Roadbed

*FU Changkai, ZHOU Guimei*

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Taking a widening engineering for example, the uneven settlement characteristics of the new and old roadbed are studied through actual settlement monitoring data, and the causes of uneven subsidence are analyzed and researched from a theoretical point of view, in order to avoid or reduce the differential settlement occurs, the appropriate uneven subsidence control technology is proposed, which can ensure the normal operation of the highway, and can produce a significant meaning for the roadbed stability and lifespan and quality of its using.

**Key words:** widening roadbed; uneven settlement; control technology