

高速公路路基沉降预测方法

孙建波

(河南信阳至南阳高速公路有限公司, 河南 南阳 473000)

摘要:介绍了传统沉降预测方法、数值分析预测方法和根据实测资料的沉降预测方法,通过对每一种预估方法的原理、优缺点和适用范围等全面了解后,认为对高速公路路基沉降的预测应根据实际情况和经验,灵活选用几种方法进行预估分析。

关键词:公路;路基沉降;预测方法

中图分类号:U416.1

文献标识码:B

文章编号:1671-2668(2005)05-0060-03

影响高速公路建设质量的最重要因素是路基的沉降,所以要在施工过程中保证路基施工的质量必须及时掌握路基沉降的变化情况,特别是要较为合理地预估沉降的变化情况,并根据路基沉降的变化信息及时调整或确定各结构层的施工时间,或在施工中及时采取有效措施,避免较大路基沉降对高速公路建设质量的影响。随着高速公路建设的发展,将有更多的高速公路穿越软土等不良地基,因此,路基沉降问题就变得更为重要。目前关于地基沉降预估的方法很多,本文拟对国内外现有的沉降预估方法进行系统分析与讨论,并由此提出不同条件路基沉降预测的较好方法。

1 传统沉降预估方法

传统沉降预估方法建立在太沙基等人创立的经典力学基础之上,其中引入了许多简化假定,将地基沉降分为瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降。

对于瞬时沉降,其理论计算的方法主要有:①根据土体的不排水剪切变形模量按线弹性理论计算。②应力路径法。③根据三轴不排水试验的归一化曲线进行计算的方法。由于这些方法过多地依赖室内试验,试验工作量相当大,且对试验技术要求很高,所以在工程中应用非常不便。

对于次固结沉降,通常假定其在主固结完成后才开始。在 $e-\lg t$ 曲线中,次固结沉降与时间的对数接近于直线。在计算时可以先确定地基的次固结系数,然后按分层总和法计算。在实际工程中,除了在含有有机质的厚层软粘土中会产生较大的次固结沉降外,一般情况下次固结沉降都较小。

对于固结沉降有许多计算方法,主要有:一维沉降计算法和应力路径法。

一维沉降计算方法包括按 $e-p$ 压缩试验曲线建立的孔隙比法、压缩模量法、压缩系数法和考虑土体应力历史影响下按 $e-\lg p$ 压缩试验曲线建立的压缩指数法等。一维沉降计算方法是建立在无限线条件下,只考虑竖向压力的作用。在一维沉降计算法中,根据 $e-p$ 曲线计算方法没有考虑土体的应力历史对沉降的影响,对于不同固结状态的土只能不加区别地采取统一的公式,而根据 $e-\lg p$ 曲线计算的方法则可以克服这个不足,对正常固结土、超固结土和欠固结土可以区别对待。

一维沉降算法没有考虑应力路径的影响,由此得到的结果有时也就与实际情况有出入。为了更合理地计算沉降,兰姆勃(lambe, 1964)等人提出了应力路径法。其中有效应力路径法用得较多,其步骤是:①在现场荷载下估计地基中某些有代表性土体单元的有效路径。②在试验室做这些土体单元的室内试验,复制现场有效应力路径,并量取试验各阶段的垂直应变。③将各阶段垂直应变乘上土层厚度,即得瞬时沉降和固结沉降。由于应力路径法要求高标准的取样和试验,因而它的实际应用受到了很大的限制。

由于沉降计算涉及土体内应力分布、应力应变关系、上部结构和地基的共同作用、土体的侧向变形、土的物理力学性质的测试方法和采用的计算指标、土的次固结等复杂因素,而这些问题难以在短期内各个突破,故在国内的工程设计中,通常是将一维固结计算结果乘以沉降修正系数来求地基总沉降。沉降修正系数是一个考虑了多种影响因素的综合修正系数。这种方法在理论上虽然线条较粗,但简便实用,对于及时解决工程中的问题较为现实,而且修正系数是在对沉降资料统计分析后得到的,比较符

合实际。

2 数值方法

数值计算法是近代土力学研究的产物。20 世纪 70 年代以来,随着计算机和数值方法的飞速发展和对土体本构关系认识的不断深入,人们可以将复杂的地基沉降问题编制成计算机程序,通过计算机的运算,得到较准确的计算结果。

2.1 有限元法

有限元法是将地基和路堤作为一个整体来分析,将其划分网络,形成离散体结构,在荷载作用下求得任一时刻地基和路堤各点的位移和应力,其中路堤底面的竖向位移就是所要求的沉降。它所依据的试验是三轴压缩试验。

理论上,有限元可以适用于任意的边界条件和加载方式,可以将地基作为二维甚至三维问题来考虑,以反映侧向变形的影响,可以考虑土层的不均匀性和土体应力应变关系的非线性特性等。目前根据固结理论,结合土的本构模型,提出了一些地基沉降计算的有限元法,如采用非线性弹性模型、弹塑性模型、大变形固结理论和损伤模型的有限元法等。但由于有限元法求解多采用增量法,而地基的初始应力往往难以可靠地确定;加上有限元法计算工作量大,参数确定困难,对工程技术人员的素质要求很高,工程技术人员往往难以掌握复杂的有限元计算方法,所以有限元法在工程实际中未能得到普遍应用,目前主要用于重要工程、重点地段。

2.2 有限差分法

有限差分法是用差分网格离散求解域,用差分公式将地基沉降问题的控制方程(常微分方程或偏微分方程)转化为差分方程,然后结合初始条件和边界条件,求解线性代数方程组,得到所求问题的数值解。应用有限差分法可以得出所研究平面内在各个时期的孔隙水压力分布,从而导出瞬时沉降及任何时间或最终的固结沉降。使用这种方法时必须注意边界条件的变化(渗水或不渗水边界),注意固结系数的选取,应用到平面或轴对称问题时还需要加以校正。实际上,有限差分法是在常规计算方法的基础上,用差分法将土层的不均匀性、土性参数的非线性变化等因素纳入到计算程序中,所以它是传统计算方法的改进,而且这种方法比较直观,容易编程,比有限元法易于使用,但在处理复杂边界条件等问题时没有有限元法方便。

3 根据实测资料的预估法

在高速公路设计和施工中,由于实际地质条件的复杂性和非均匀性以及各种理论计算方法本身的局限性,使得用理论方法计算的沉降量和实际沉降量有较大的出入,因此,沉降计算结果必须经过实际观测来加以检验和修正,同时可以累积这方面的资料 and 实际经验供日后借鉴,以此来对高速公路的设计和施工提供依据并指导施工。根据对现场实测沉降资料的整理分析和研究,提出了许多沉降预估的方法,如双曲线法、指数曲线法、泊松曲线法、浅岗法、星野法、三点法、沉降速率法、神经网络法和反分析法等。

双曲线法、指数曲线法和泊松曲线法属于曲线拟合法,所谓曲线拟合法就是假定地基沉降历程符合某一种已知函数曲线,利用实测沉降数据拟合曲线参数,然后利用确定后的曲线公式预估地基在任一时间的沉降值。双曲线法是假定沉降平均速度随时间按双曲线递减,指数曲线法是假定沉降平均速率随时间按指数曲线递减,泊松曲线法是假定沉降平均速率随时间按泊松曲线递减。双曲线法和指数曲线法求解时常用回归分析法或图解法,泊松曲线法常用三段法。这几种方法由于比较简单,各参数容易得到,且没有假定参数,因而在实际工程中应用较多,但使用双曲线法预估沉降量有时偏大,指数曲线法有时偏小,采用双曲线法和指数曲线法时需要有一段时间的沉降实测资料,且只能利用路堤填筑到规定标高后的实测沉降数据建模。

浅岗法、星野法、三点法和沉降速率法是根据太沙基单向固结理论建立的方法。浅岗法是根据固结基本方程式建立的,使用浅岗法时需对实测沉降曲线进行平滑处理和反复选择时间间隔,这给应用带来了一些不便。星野法是根据固结度小于 50% 时的固结度和时间系数的关系建立的,这种方法有 4 个待定参数,这些参数多采用迭代法求取,标准由线性最好的相关系数的大小确定,这就使得采用星野法时需要反复假定和迭代,计算量比较大,而且在回顾分析时,相关系数有时总在趋于增大,或者最佳点出现多次。然而星野法有一个极大的优点,那就是它推出的最终沉降量比较接近实际。三点法是根据固结理论解的普遍表达式建立的,这种方法只需要利用沉降曲线上任意等间距的 3 个点,计算比较简单,适合于手算,但有时会由于选取的点和时间间隔

的不同而导致计算结果相差较大。沉降速率法是根据固结沉降公式建立的,计算比较简单,但往往会由于时间为零时的沉降速率不是很容易测定或测准而影响预估的精度。

神经网络预测法是运用人工神经网络较强的非线性映射能力和学习能力,利用实测的地基沉降观测资料来对非线性的地基沉降问题进行直接建模。采用该法时,先用神经网络建立沉降影响参数与沉降之间的非线性关系,再将待测点沉降影响参数输入到已训练好的网络中,即可得到沉降量预测值。采用神经网络预测法可直接对多个变量的系统进行有效的分析,而不需要进一步理论假设和经验推断,边学习边将该函数关系隐在网络结构中,以形成函数映射结构。当然采用该方法时要有学习样本,因此该方法需要较多的沉降观测数据,对数据量要求较高。

反分析法是利用施工过程中实测的沉降资料反演确定地基土的物理力学模型参数,再将反演得到的参数代回到正分析模型中进行正分析,以计算地基沉降量。通常,土的模型参数是由室内实验确定的,然而土样在取土、运输过程中的扰动,现场和试验两者边界条件的差异,以及地基土分布的不均匀性等会使由室内试验测定的参数往往与实际值存在较大差异,而根据实测资料反演地基模型的参数,能综合考虑各种复杂因素对土体性质的影响,更加符合实际状况。由于土体本构关系方程常受土性、固结程度和含水量等因素的影响,因此,高速公路施工过程的反分析计算首先面临模型合理选择方面的诸多问题,这使预报计算不得不更加注意结合工程实

际情况选择计算模型,并更多地依赖于经验。

4 结 语

由于传统预测方法以经典土力学为基础,因此这种方法误差大,仅适用于荷载与地基条件简单的地基沉降分析中,使用阶段主要为信息缺乏的设计阶段或施工前期阶段。以本构理论为基础的数值计算法可考虑不同边界条件与土的不均一性对地基沉降的影响,所以适用范围比传统预测法广,但其预测精度不仅取决于本构模型选择的合理性,同时取决于三轴试验结果的准确性。根据实测资料的沉降预测法是在较为充分地取得路基沉降资料的基础上进行的沉降预测,能综合考虑各种复杂因素对土体性质的影响,因此,其预测精度相对较高,但该类方法中的各种方法各有其优缺点及适用条件。因此,在实际的高速公路地基沉降预估中,不能单纯依赖某一种预估方法,而应该在对每一种预估方法的原理、优缺点和适用范围等全面了解后,根据实际情况和经验,灵活选用几种方法进行预估分析。

参考文献:

- [1] 陈玉祥,张汉亚. 预测技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,1985.
- [2] 钱家欢,殷宗则. 土工数值分析[M]. 北京:中国铁道出版社,1988.
- [3] Akira Asaoka and Minoru Matsuo. An inverse problem approach to settlement prediction[J]. Soils and Foundations, 1980,20(4).

收稿日期:2005-09-19

湖北高速公路启动“最短路径法”收费

自2005年9月30日湖北孝(感)襄(樊)高速公路通车后,与湖北省内其他高速公路形成环形线,湖北省高速公路开始启用新的“最短路径法”收费。

湖北原来的高速路网没有双重的连接互通,相当于“C”形;孝襄高速公路通车后,与襄荆、汉宜、京珠等高速公路连接,基本闭合成“D”形。现在即使驾车绕行大半个环形,仍按最短的小半个环形收费,即所谓的“最短路径法”收费。按照新规定,载重15 t以上的大货车,从老河口到武汉最多可省150元。

据悉,未来湖北省“六纵五横”高速公路骨架网络形成后,车主不仅可以任意选择行驶路线,而且将享受更大的优惠。

摘自《中国交通报》