

公路路基路面检测中回弹弯沉检测方法的应用

黄始南

北京市市政工程设计研究总院有限公司深圳分院 518045

摘要: 公路路基是整个路面的结构基础, 因此路基的抗变形能力会对整个路面的强度、刚度以及稳定性造成较为明显的影响。根据我国对公路路面的设计规定, 所有的公路路基路面结构设计中必须要依据路基力学性能参数来建设回弹弯沉检测模型。但由于在回弹弯沉检测过程中, 检测方法会受到路面土质、含水量、压力以及人为等诸多因素的影响, 因此要确定具体的数据较为困难。为此本文就回弹弯沉检测方法的应用进行讨论, 希望可以为我国公路路基路面检测工作提供一些参考。

关键词: 公路路基; 回弹弯沉检测; 检测方法

Application of rebound bending sedimentation detection method in highway subgrade and pavement detection

Shinan Huang

General Institute of Beijing Municipal Engineering Design and Research Co., Ltd. Shenzhen Branch 518045

Abstract: Highway subgrade is the structural foundation of the whole road pavement, so the deformation resistance of the subgrade will have an obvious impact on the strength, stiffness and stability of the whole road pavement. According to the design regulations of the highway pavement in China, all the highway subgrade and pavement structure design must be constructed according to the mechanical performance parameters of the subgrade. However, in the process of rebound bending detection, the detection method will be affected by the road soil, water content, pressure and artificial factors, so it is difficult to determine the specific data. Therefore, this paper discusses the application of the rebound bending subsidence detection method, which hopes to provide some reference for the highway subgrade and pavement detection work in China.

Keywords: highway subgrade; rebound bending sink detection; detection method

自改革开放以来我国的公路建设就处于一个高速发展阶段, 自2004年我国建设了第一条高速公路之后, 我国的高速公路建设工作就一直在不断发展。截止2021年, 我国各区域基本已经实现了公路村村通, 而高速路历程也迅速上升到了全球第二的位置^[1]。公路建设在我国经济发展中有着不可忽视的促进作用, 但其也存在着诸多问题, 与国外发达国家相比, 我国的公路平均使用寿命不长, 很多公路甚至在建设早期就出现了损坏, 这与其早期的路面检测工作不够完善有着很大的关系。

1. 常见路基回弹弯沉检测方式法

从目前我国现行的测试方法来看, 各公路进行路基回弹弯沉检测主要有如下几种检测方式。

1.1 野外承载板法

所谓野外承载板法其实就是通过逐级加载、卸载, 然后对所对应的各级荷载进行回弹弯沉值测定, 这种方

式所采取的模式为弹性半空间体公式计算路基的静回弹模量型^[2]。但这种检测方式的难度系数较大, 且需要耗费大量的人力和物力, 因此一般被运用在一些科研机构之中, 一般的公路建设单位极少选取这类检测方式。野外承载板测试方法一般适用于施工现场对土基表面的测试, 检测人员通过执行加载、卸载等方式来对土基进行检测, 从而得到每一级荷载下所对应的土基回弹变形值, 并据此来绘制一个荷载P与回弹变形值L之间的关系曲线图。图1为修正原点示意图。

1.2 贝克曼梁法

所谓贝克曼梁法, 其实就是在路基的顶面结构中, 利用弯沉仪来对整个土基的下轮下中心表面处进行回弹弯沉值测量^[3]。其与野外承载板法一样也需要使用到静回弹模量值, 由于这种检测方式十分便捷, 因此受到各公路建设单位的青睐, 但其也存在一定的局限性, 由于

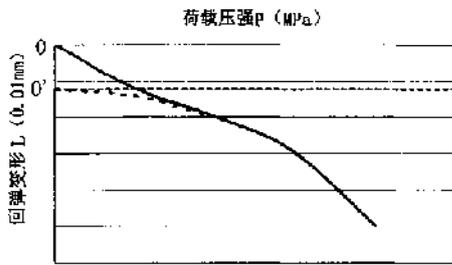


图1 修正原点示意图

很难对标准荷载进行有效控制,因此测定出来的数据结果往往存在一定的误差,不能够直接进行应用。贝克曼梁法主要是利用弯沉测量仪来完成的,通过测量得到土基的最大回弹弯沉值,影响最终测量结果的数据主要有加压时间、轮载、轮压。因此检测人员在进行测定之前以及开展测定之后都必须要对这三项加载条件进行全面的监控,保证其符合相关规定要求。在正式开始测定的时候,必须要保证测试的车辆是沿着轮迹行驶的。因此如果测量人员仅有一套贝克曼梁弯沉仪,那么就需要将测点沿着车辆轮迹的外侧部位进行布置,每个测量点之间的距离不低于20cm,不高于50cm,实际的间隔距离主要根据实际需要测定的公路路段长度来决定,最后将测量结果绘制呈弯沉断面图^[3]。

影响贝克曼梁法测定结果的因素有很多,除了环境影响因素温度、湿度、风、风速大小等,其还受到前期准备工作的影响。因此在开展测定之前,工作人员需要调试各种仪器,比如百分表、弯沉仪,在车辆行驶的时候一定要密切关注百分表的读数,必须要确定其处于临界状态后的第一时间立刻进行读数,读数要快准。一般需要粗略地估计其最大读数,这样能够减少认为误差,然后再读取其最终读数。

1.3 FWD法

FWD为落锤式弯沉仪检测法,其近年来得到了广泛的运用和发展,是目前世界公认的先进路面强度无损检测设备之一。其是由加载系统、位移传感器以及微机控制系统所组成。检测人员通过操控计算机将重锤通过液压传动装置提升到对应高度后自由落下,将其所产生的冲击力作用在承载板上然后在传递给路面,随后通过对路面施加脉冲荷载来使得路面表面产生瞬间变形,根据测试前提前布置的两个距测点在传感器上反馈出的变形数据来进行计算,最终可以得到整个路面最后的承载能力。

与贝克曼梁法相比,FWD具有如下几点优势。第一是可以同时检测刚性和柔性路面,第二是应力应变和弯沉与实际的路面交通荷载结果更加符合,第三是能够检测出弯沉盆的形状,第四是整个检测过程由于是利用计算机进行操控,因此所得出的数据结果精准性更高。

1.4 各种回弹弯沉检测方式比较

除了上述三种回弹弯沉检测方式之外,还可以运用

到自动弯沉仪、激光弯沉仪来进行测定。但除了贝克曼梁法之外,其他的大部分弯沉测量技术都必须要先建设一个实测弯沉值反算模型,然后将整个模型所计算出的数字带入到实际的路基回弹模量检测工作中去,因此不仅测定十分麻烦。几种回弹弯沉检测方法的对比如表1所示。

表1 不同回弹弯沉检测方法对比

检测方法	FWD	野外承载板	贝克曼梁	自动弯沉仪	激光弯沉仪
荷载类型	逐级动载	逐级静载	单一静载	单一静载	单一动载
测量内容	动弯沉	回弹弯沉	回弹弯沉	总弯沉	动弯沉
测量结果	动模量	静模量	静模量	静模量	动模量
测量精度	高	低	低	高	高
测量速度	快	慢	慢	快	快
连续测量	否	否	否	是	是
操作方式	自动	人工	人工	自动	自动
对比试验	是	否	否	是	是
仪器造价	高	低	低	高	高

从表1不难看出,这些回弹弯沉测试方法中除了野外承载板测量法之外所有测试方法的本质都是对公路路面结构层的检测,都是利用单一或逐级荷载来测定出路基的回弹弯沉。

2. 公路路基路面交工验收弯沉值标准分析

根据目前我国公路路面设计规范标准,公路路基路面的结构厚度必须要以材料模量计算的路表面弯沉值作为检测标准值。由于在设计阶段中,不同测定人员所选取的回弹模量以及基层的不同,因此其所计算出的弯沉值也有所差异,且都属于不利季节弯沉值。但公路工程在交工验收阶段时一般会选择非不利季节,比如如果测定人员选择贝尔克曼梁进行路面弯沉测定,那么其测定时必然会选择天气晴朗温度适宜的日子^[4]。这也导致路标验收时的弯沉值必然会低于实际设计的弯沉值。一旦路面的验收弯沉值过低,那么其在后续的通车过程中就会出现结构承载能力不足的情况,导致公路的整体使用寿命降低,严重还会出现早期破坏的情况。因此上述这类交工验收弯沉值对控制整个公路施工质量的效果并不理想,随着我国高速公路建筑施工质量的不断提高,之前规定中所使用到的季节影响系数已经不太适应当前公路的建设发展了,因此需要重新制定一套健全的路面弯沉验收标准,从而起到有效控制施工质量的目的。

2.1 路面弯沉控制指标

2.1.1 容许弯沉值

根据我国相关部门对公路柔性路面设计标准规定,所有公路的设计年限末的最不利季节,其需要以轴载次数作为设计标准,然后通过对最大回弹弯沉值进行换算从而得到的数据值就是容许弯沉值^[5]。从目前我国各地

已建成公路的实测资料情况来看,公路从竣工到其设计年限末期间,其由于路面疲劳以及各种建筑材料等外界因素的影响,其强度会逐年降低,整个路面的结构强度也会渐渐衰减,而其回弹弯沉值也会随着路面强度的衰减而增大。公路路面的弯沉变化主要可以分为如下三个阶段:

①公路路面竣工后的1、2年

在这个时间段内,整个公路路面的弯沉值会随着时间的推移而逐渐减小,出现这种现象的主要因素是公路路面在荷载的作用下,其在建设过程中所使用到的各种基层材料以及结合料会一直受到压力,而这些材料也会被这些外界压力给逐渐压缩,从而导致整个公路的混合料出现离散等情况。而公路的粘结力也会因此降低,甚至整个公路的结构刚度、强度也会随之增强,而最终产生的结果就是整个公路表面的弯沉值会越来越小^[6]。从我国已建公路的弯沉变化不难看出,一般在公路建成使用后的第2年年末左右,整个公路路面的实测回弹弯沉值会达到一个最小值。

②公路路面竣工后的2~4年

在公路建成之后的2~4年这两年的时间内,整个公路的路面实测回弹弯沉值会逐渐边大,且其增长速度要比较1~2年这段时间的弯沉值减少速度更快。究其原因在于,公路正常投入使用后,其会受到路面行车的反复应力作用,在这些应力的作用下公路中的混合料会出现离散情况,而基层材料的粘结力也会逐渐衰减,从而导致粒料出现了剥离情况。在遇到大雨天气时,雨水会对公路的路面见冲刷,经过冲刷之后公路路面的结构物理学性能也会由此下降,如果雨水再次渗透到路面之下,那么整个公路的基层也会随之受到破坏。于此同时,基层材料和路面材料还会受到温度影响而发生温缩反应,这也是很多公路建成投入使用后其路面结构出现缺陷、破损的主要因素^[7]。主要还是因为公路的整体结构受到了影响,其结构刚度发生了下降,导致整个公路的整体结构的当量回弹模量也随着变小。

③公路路面竣工后3~4年

在公路路面竣工之后3~4年的时间内,其路面如果长时间遭受到了较大的荷载,那么其会因为承受不了过量荷载而发生破坏。但在这一阶段中路面的实测弯沉值虽然也在不断增加,但增加的速度却要明显小于第二阶段。其原因在于路面的局部受到破坏后,小范围应力集中的现象会逐渐消失,从而扩散到整个路面段,形成一个新的能量平衡。因此虽然在这个阶段,路面的刚度和结构都会有所下降,但却达到了另外一个相对稳定的状态。

2.1.2 设计弯沉值

根据我国对公路路面设计规范标准,工作人员在计

算设计弯沉值时需要采取如下(2-1)所示公式。

$$l_d = 600N_e^{-0.2} A_s A_g A_b \quad (2-1)$$

我国规定所有公路的设计弯沉值将作为其在竣工验收阶段的验收弯沉值,因此各公路建设施工单位需要将公路施工工程的验收时间安排在公路竣工之后第一年的最不利季节,在开展竣工验收工作的时候,根据标准荷载下轮来测量路面的弯沉值,最后进行评价,一般要求整个路面的弯沉值是必须要小于等于设计弯沉值的。

2.2 不同路基回弹模量时交工验收弯沉值标准分析

竣工验收时刻采用BISAR软件来对不同路基模量所对应的弯沉值进行处理分析,通过BISAR软件可以得出路避免弯沉值随着路基回弹模量变化的曲线图,一般这个曲线图是呈负向相关关系的,即随着路基回弹模量的增大,路基表面的弯沉值会随之减小,而如果曲线的斜率越小则代表其减小的速度越慢。当路基回弹模量越小的时候,其变化对路基表面的弯沉值的影响也就越大,路面回弹弯沉值 l_d 与回弹模量 E_0 之间的数据可以通过计算公式分析得出,该公式如(2-2)所示。

$$l_d = 69.25E_0^{-0.36} \quad (2-2)$$

路面回弹弯沉值 l_d 与回弹模量 E_0 之间的相关性系数为 $R^2=0.997$,两者之间也很好的相关性,不过利用BISAR软件所分析出来的数据结果关系式是以理想状态为前提条件的,也就是假设了公路的其他结构参数保持不变,只有回弹模量发生了变化。因此其与公路工程的实际之间是一定会惨遭一定的差异的,如果有条件的化,尽量还是通过建立试验路段来重新分析、计算两者之间的关系式^[8],这样才能保证所得的关系式更加合理更加符合实际情况。不过从上诉理想模式下的关系式不难发现,路基回弹模量的变化确实会对公路表面的弯沉值产生一定影响。

3. 结语

总之,公路路基路面的回弹弯沉检测方式有很多,可以运用到了模量也有很多,但各公路建设单位还是需要根据自身的实际情况,选择合理的路基路面回弹弯沉检测方式,从而保证检测结果的有效性。

参考文献:

- [1]胡辰康.回弹弯沉检测在公路路基路面检测中的应用[J].工程建设与设计,2022(02):49-52.
- [2]张华君.公路路基路面回弹弯沉检测技术应用[J].黑龙江交通科技,2021,44(12):69+71.
- [3]黄炎辉.路基路面检测中回弹弯沉检测方法的注意事项[J].绿色环保建材,2021(10):91-92.
- [4]纪铁来.回弹弯沉检测在公路路基路面检测中的应用[J].交通世界,2021(22):58-59.
- [5]钟永华.回弹弯沉检测技术在公路路基路面检测中的应用[J].交通世界,2021(20):87-88+91.