

影响道路路基稳定性的因素及其检测技术探讨

潘兴东 郭思雨^{通讯作者}

1 云南通衢工程检测有限公司, 云南 昆明 650000

2 开利科技股份有限公司, 云南 昆明 650000

摘要: 道路路基的稳定性当属保障道路安全以及延长其使用寿命的关键要素之一。本文着重从理论层面探讨了诸多影响道路路基稳定性的因素, 如地质方面的条件、施工环节的质量、自然所处的环境等等。与此同时, 还对当下常用的路基稳定性检测技术展开了分析, 其中涵盖了传统的检测手段、无损检测方面的技术以及新近兴起的传感器技术等。经由对这些因素以及技术的剖析, 其目的在于给道路工程的建设与维护给予理论层面的支撑, 进而促使路基稳定性得以提升, 让道路的使用寿命能够得以延长。

关键词: 道路路基稳定性; 影响因素; 检测技术; 理论分析

引言

道路的路基作为道路工程当中的基础结构部分, 其自身的稳定性状况可是直接关联到使用寿命, 同时也和行车过程中的安全与否紧密相连。伴随着交通流量不断地增多, 再加上道路建设也在快速地推进发展, 路基稳定性方面的问题更受人们的关注重视。路基的稳定性并非只受到地质方面条件以及施工质量这两方面的影响, 它和自然环境、使用过程中的荷载等诸多因素同样也是密切关联着的。所以说, 对会影响路基稳定性的各类因素以及相关的检测技术展开深入细致的研究探讨, 这对于提升道路工程的质量水平, 还有降低后期的维护成本而言, 是有着极为重要的意义的。

1 影响道路路基稳定性的因素

1.1 地质条件

地质条件是影响路基稳定性的首要因素, 其呈现出来的复杂性以及多样性, 对于路基的承载能力还有变形特性, 起到决定性作用。像软土地基、膨胀土、湿陷性黄土之类的特殊地质条件, 凭借着自身独特的物理力学性质, 明显地降低了路基的稳定性。软土地基有着高孔隙比的情况, 还具备高压缩性的特点, 强度比

较低, 渗透性也低, 固结变形所需时间很长, 很容易促使路基出现沉降以及滑动的现象。除此之外, 膨胀土所具有的胀缩性、湿陷性, 黄土所带有的湿陷性, 还有岩溶地区存在的溶洞以及裂隙等情况, 都会给路基稳定性带来威胁^[1]。

1.2 施工质量

施工质量给路基稳定性带来的影响, 重点表现在压实度、填料选择以及施工工艺等多个方面。压实度作为衡量路基密实状况的一项重要指标, 要是它存在不足的情况, 那么路基的强度就会随之降低, 使得变形的发生可能性有所增加。填料所具有的质量和性质, 会对路基的承载能力以及均匀性产生直接的影响, 不符合要求的填料, 极有可能引发不均匀沉降的问题, 从而对道路的整体稳定性造成影响^[2]。

1.3 自然环境

自然环境里的诸多因素, 对于路基稳定性有着不容忽视的影响, 其影响主要在降雨情况、温度方面的变化以及冻融循环等多个方面有所体现。就降雨而言, 它会使得路基土体的孔隙水压力出现增加的情况, 与此同时, 土体的抗剪强度也会随之降低, 进而致使路基出现

积水现象，甚至还会引发滑动问题。而温度方面的变化以及冻融循环这两个因素，它们会让路基土体产生膨胀与收缩的情况，如此一来便会出现不均匀变形的状况，特别是在存在季节性冻土的地区，这种现象表现的就更加明显了^[3]。

2 道路路基稳定性检测技术

2.1 传统检测方法

2.1.1 灌砂法

灌砂法属于经典的现场压实度检测方式，在路基稳定性评估方面应用颇为广泛。此方法依据的是标准砂的置换原理，借由对压实土体密度的测量，进而对路基压实度做出评估。灌砂法能够相对准确地体现土体的密实状况，对于多种类型的土体材料都可适用。不过操作流程比较复杂，检测速度也不快，并且在很大程度上会受到环境条件以及人为因素的影响。比如砂的粒径大小、湿度情况以及灌砂操作是不是规范等，这些都会对检测结果的准确程度产生影响^[4]。

2.1.2 环刀法

环刀法是借助环刀来进行取样操作的，能够直接对土体的湿密度予以测量，在此基础上进一步计算出压实度，属于一种检测的方法。该检测方法在实际操作的时候，相对来讲是比较简单的，也容易执行，对于细粒土以及无机结合料稳定细粒土的密度检测是较为适用的。不过，环刀法在开展取样这一操作流程的过程当中，是很有可能对土体产生扰动情况的，特别是当土体呈现出较为松散的状态，又或者是其含水量比较高的时候，像这样的扰动状况极有可能对检测结果所具有的准确性产生影响。除此之外，环刀法所能够达到的检测深度是存在一定限制的，一般情况下仅仅适用于对路基表层的压实度展开检测方面的工作^[5]。

2.2 无损检测技术

2.2.1 地质雷达技术

地质雷达技术属于无损检测手段，其运用的是高频电磁波。它主要是通过发射以及接收电磁波信号，凭借电磁波在不同介质里呈现出的反射特性，探测路基内部存在的分层结构状况、孔隙率情况以及潜在的一些缺陷之处。该技术最为核心的原理在于：当高频电磁波于路基介质当中进行传播的时候，一旦碰到不同介质的交接界面，像是土层和岩石相交接的界面、土体与水相交接的界面等等，便会产生反射波。而通过对反射波的传播时间以及幅度加以分析，就能获取到路基内部十分详尽的相关信息。地质雷达技术具备分辨率比较高、检测速度较快以及能够在较大面积范围开展检测工作的特点。它可以非常清晰地识别出路基不同层次的材料具体分布的实际情况，还能够探测出内部存在的空洞、裂缝以及压实不均匀的区域。与此同时，它还能以间接的方式对路基土体的含水量予以评估，从而为排水方面的设计工作以及施工环节提供相应的参考依据。

2.2.2 动力板检测技术

动力板检测技术在运作时，会给路基施加上一一定的载荷，以此来对路基的动态响应情况展开测量，随后便能够对路基的承载能力以及稳定性做出相应的评估。此技术是对实际交通荷载作用加以模拟，具体方式是在路基表面施加动态荷载，进而测量路基呈现出的变形响应，这就给路基的动态稳定性分析给予了重要的依据。动力板检测技术确实能够很好地模拟行车荷载作用，从中获取到路基处于动态荷载之下的变形特性，而且其检测结果有着比较高的准确程度与可靠程度，在高等级公路以及桥梁工程当中尤其适用。凭借着高精度的位移传感器以及数据采集系统，该技术能够实时将检测结果反馈出来，给施工过程里的质量控制以及运营阶段的维护决策给予有力的支持。

2.2.3 落锤式弯沉仪

落锤式弯沉仪（FWD）属于较为先进的脉冲动力弯沉检测设备，在路基以及路面的承载能力评估方面应用颇为广泛。它的工作原理是借助液压装置把具有一定质量的重锤提升到特定的高度，随后让其自由落下，如此便会产生瞬时冲击荷载，以此来模拟汽车荷载给路面带来的作用。FWD 会对路基表面的弯沉值加以测量，进而反算出路基的模量以及承载能力，它有着诸多优点，像是不会对检测对象造成破损，测量速度比较快，而且测量精度也相对较高。FWD 能够在不长的时间内完成大面积的检测相关任务，对于高等级公路以及大型基础设施的快速评估而言是比较适用的。通过对路基表面的弯沉盆数据进行测量，该技术能够对路基的整体承载能力以及均匀性做出评估，与此同时，还能利用弯沉数据来反算路基材料的动态模量，从而为路基设计以及施工质量控制给予科学的依据。

2.3 新兴检测技术

2.3.1 传感器技术在路基稳定性监测中的应用

传感器技术属于路基稳定性监测的关键手段，在路基内部安装诸如应变传感器、位移传感器、压力传感器这类传感器后，便能够对路基的变形状况、应力情况以及应变方面的变化予以实时监测。这些传感器会运用高精度的电容式压力变送器以及液位传感器，借助电路来检测电容所发生的变化，并且会对其开展线性处理以及温度的自动补偿操作，进而把液位高度转化成与之相对应的电压量。传感器技术具备长期且连续采集数据的能力，能为路基稳定性分析给予实时且具动态性的信息，在复杂地质条件下的路基监测方面尤其适用。

2.3.2 遥感技术在路基稳定性监测中的应用

遥感技术借助卫星影像以及航空摄影的方式，能够较为迅速地获取大面积路基呈现出的变形信息。这一技术有着覆盖范围颇为广

泛、数据获取速度较快的特性，进而可以有效地对路基整体的变形趋向予以监测。以合成孔径雷达干涉测量（InSAR）技术为例，其通过对 SAR 图像时间序列展开分析，能够监测到路基表面所产生的微小位移情况，还能识别出因车辆荷载作用而引发的土体固结沉降现象。并且，InSAR 技术还可被应用于监测路基和桥梁过渡段所出现的不均匀沉降状况，以及山区高速公路上的山体滑坡情况与边坡稳定性状况。不过，遥感技术会在很大程度上受到天气以及云层的影响，其数据的精度与分辨率相对较低。

2.3.3 基于物联网和大数据的智能监测系统

伴随物联网以及大数据技术不断发展演进，智能监测系统在路基稳定性监测方面的应用日益广泛起来。该系统会把多种传感器所采集到的数据和遥感获取的相关信息加以整合，以此达成对路基稳定性予以智能化监测，并且能够及时发出预警的效果。智能监测系统采取的是三级架构模式，涵盖了现场监测设备、负责数据采集的单元、中心系统以及监控终端等部分。系统借助高精度的传感器以及自适应卡尔曼滤波算法，有能力针对施工过程中受到的干扰、人为不小心的触碰、车辆正常通行等常见干扰因素所引发的异常沉降情况，展开智能化的识别操作，同时还能对其进行修正处理。除此之外，智能监测系统自身还拥有不少优势，例如能够贯穿全生命周期、观测精度颇为可观、实时性表现突出、具备较为全面的功能以及有着很强的可扩展性等。

3 提高道路路基稳定性的建议

3.1 优化设计

在开展路基工程的设计工作期间，务必要全面考量地质方面的条件以及自然环境所涉及的各类因素，唯有如此，才能够切实保障路基具备应有的稳定性以及足够的耐久性。着手设计之时，得针对特殊的地质条件展开详尽的勘察工作，像软土地基、膨胀土、湿陷性黄土

等等这些特殊地质情况，都要细致勘察。并且要依据它们各自的特性，恰当地挑选路基填料以及施工的具体方案。以软土地基来为例，通过采用预压法、砂井或者强夯法等一系列的加固手段提升地基的承载能力。与此同时，在设计环节当中，还应当充分顾及路基的排水系统，防止因为地下水位出现变化或者地表水大量积聚而引发的路基病害问题。除此之外，像路基设计的高程、边坡的坡度、压实的程度等诸多参数，对它们进行合理的确定，这同样也是实现优化设计所不可或缺的重要内容。

3.2 加强施工质量控制

施工阶段对于路基稳定性而言，是极为重要的保障环节。在施工开展的整个过程当中，要对路基压实度以及填料质量予以严格把控，切实保证施工的各方面情况都能符合设计方面提出的要求。压实度可是用来衡量路基密实程度的一个相当关键的指标，若压实度未能达到设计要求，路基的力学性能将显著下降，进而导致其整体强度降低。在这种情况下，路基在外部荷载作用下发生变形的风险将显著增加。因此，在施工过程中，应严格采用符合标准的压实工艺，如振动压实或冲击压实等，以确保填料能够达到设计所规定的压实度标准。与此同时，填料的选择亦至关重要。应优先选用强度高且水稳性良好的材料，以增强路基的承载能力和耐久性，除此之外，施工过程里的排水相关措施务必要和设计同步落实实施，以此来防止雨水或者地下水对路基产生侵蚀的不良影响。

3.3 完善检测手段

为确保路基稳定性，应将传统检测方法与新兴技术相结合，构建多元化的检测体系。传统的检测办法有环刀法、灌砂法以及核密度计检测法等，这些方法对于路基的压实度以及密实度是能够起到有效的评估作用。不过，这些检测方法存在着一些不足之处，比如说操作比较繁杂，而且工作效率也相对较低。近些年来，无损检测技术在路基检测这块已经得到了颇为广泛的应用，像地质雷达技术、动力板检测技术以及落锤式弯沉仪（FWD）检测等都属于此类。地质雷达技术是借助电磁波反射的原理来对路基内部结构展开探测的，它能快速且无损地检测出路基的均匀性状况以及潜在存在的一些缺陷。动力板检测技术则是通过施加一定的载荷，以此来测量路基的动态响应情况，进而对其承载能力以及稳定性做出评估。

4 结论

道路路基的稳定性在保障道路安全以及延长其使用寿命方面起着极为关键的作用。存在诸多因素会对路基稳定性产生影响，像地质方面的条件状况、施工环节的质量水准、自然环境的各种情况以及使用过程中的荷载情形等皆是如此。合理地选择检测技术，把传统的方法与新兴的相关技术有机结合起来，便能够对路基的稳定性予以有效的监测以及评估。在日后，伴随着检测技术持续的发展以及不断地被应用，道路路基的稳定性将会获得更进一步的提升，进而为交通运输给予更为安全且可靠的有力保障。

参考文献

- [1]任炯. 盐渍土道路路基变形稳定性分析[J]. 工程机械与维修, 2024, (10):125-127.
- [2]彭孝超. 临河市政道路路基稳定性保障措施的研究与应用[J]. 交通科技与管理, 2024, 5 (16): 91-93.
- [3]万海峰, 范锦娟. 基于 BP 神经网络模型的市政道路路基边坡稳定性研究[J]. 中国高新科技, 2022, (12):70-72.
- [4]林少阳. 城市道路路基边坡防护稳定性研究[J]. 设备管理与维修, 2022, (08):136-137.
- [5]张卫东. 基于 BIM 技术的道路路基边坡稳定性分析研究[J]. 建筑技术开发, 2020, 47 (14): 122-123.