

道路桥梁中路基工程试验检测技术分析

司 龙

河北省交通建设监理咨询有限公司 河北 石家庄 050000

摘 要:路基作为道路桥梁的基础结构,其质量直接影响工程的安全性与使用寿命。本文围绕道路桥梁路基工程试验检测技术展开分析,系统阐述了该技术的定义、原则,梳理了路基材料性能、施工参数、结构性能、特殊路基及环境适应性与耐久性等主要检测项目与技术,介绍了常用检测仪器的分类、关键仪器工作原理及操作规范与校准要求。通过对各环节的详细探讨,为路基工程质量管控提供了全面的技术参考,旨在为提升路基工程试验检测水平、保障道路桥梁结构安全与耐久性提供理论与实践支持。

关键词:道路桥梁;路基工程试验;检测技术

引言:随着道路桥梁建设规模的扩大与技术要求的提高,路基工程试验检测技术的重要性愈发凸显。当前如何通过科学的检测手段精准评估路基性能、及时发现质量隐患,成为工程建设中的关键问题。本文基于路基工程全周期质量管控需求,深入分析试验检测技术的核心内容,包括检测项目、技术方法、仪器设备及操作规范等,为完善路基质量保障体系提供思路。

1 路基工程试验检测技术的定义与原则

1.1 路基工程试验检测技术的定义

路基工程试验检测技术是指在道路桥梁路基工程的勘察、设计、施工及运营维护全周期中,通过采用专业的仪器设备、科学的测试方法,对路基材料性能、结构参数、施工质量及使用状态进行定量或定性检测与分析的技术体系。其核心目的是通过数据化手段验证路基是否满足设计规范、承载能力、稳定性及耐久性要求,为工程质量管控提供客观依据。从技术属性看,该技术融合了土力学、材料科学、结构工程等多学科理论,既包括室内试验,也涵盖现场检测。

1.2 路基工程试验检测技术的原则

路基工程试验检测技术的原则包含以下方面:(1)科学性原则:检测方法需基于成熟的理论体系,仪器设备需符合计量标准,数据采集与分析需遵循统计学规律。(2)规范性原则:检测流程需严格遵循国家或行业标准(如《公路路基施工技术规范》),从样品采集、试验操作到数据记录均需按统一规程执行,避免因方法不统一导致数据失真,确保检测结果的可比性。(3)时效性原则:要在关键施工节点(如填料进场、分层碾压后)及时开展检测,对不合格项立即反馈并整改,避免质量问题累积。(4)客观性原则:检测数据需真实反映路基实际状态,严禁人为篡改。检测人员需具备专业资

质,独立开展工作,确保结果不受主观因素干扰。(5)全面性原则:检测范围需覆盖路基工程全要素,既包括材料性能,也涵盖结构指标,同时兼顾特殊地质条件的专项检测,避免因局部漏检导致整体质量风险^[1]。

2 路基工程主要试验检测项目与技术

2.1 路基材料性能检测

路基材料性能检测直接关系到填筑体的稳定性,具体检测项目与技术有:(1)针对土的物理力学性质,核心检测项目需覆盖颗粒组成、可塑性、压实特性及力学强度。颗粒级配检测采用筛分法与比重计法联用技术,筛分法通过不同孔径的标准筛分离粒径大于0.075mm的颗粒,比重计法则借助斯托克斯定律测定细颗粒沉降速度以确定粒径分布,两种方法结合可完整呈现土的颗粒组成,为填料分类与压实工艺选择提供依据。(2)液塑限检测使用液塑限联合测定仪,通过标准质量的圆锥在土样中下沉不同深度对应的含水率,确定液限(17mm下沉深度)和塑限(2mm下沉深度),计算得到的塑性指数是划分土类、判断压实难度的关键指标。击实试验采用重型或轻型击实仪,按规定层数和锤击次数对不同含水率的土样进行击实,绘制干密度与含水率关系曲线,确定最大干密度和最佳含水率,这两个参数是施工中控制压实质量的硬性标准。(3)抗剪强度检测主要依赖直接剪切仪和三轴仪,直接剪切仪通过施加垂直压力和水平剪力,测定土样在不同法向应力下的抗剪强度,得出黏聚力和内摩擦角;三轴仪则在封闭压力室中模拟土体受力状态,更精准地反映复杂应力条件下的抗剪性能。石料强度检测以单轴抗压强度为核心,采用压力试验机对50mm×50mm×50mm的立方体试件进行加载,测定其极限抗压强度;填料级配检测通过筛分法控制粗细颗粒比例,确保混合填料在压实后形成连续骨架结构,减少后

期变形。

2.2 路基施工参数检测

路基施工参数检测要贯穿填筑、碾压全过程,通过实时数据反馈控制施工质量,具体如下:(1)压实度检测。常用技术各有适用场景,灌砂法通过标准砂置换试坑体积,计算土样干密度与最大干密度的比值,操作时需保证试坑形状规则、砂面平整,适用于各类土基但耗时较长;环刀法采用容积固定的环形刀取样,通过称量土样质量计算干密度,多用于黏性土路段,取样时需避免扰动土样结构;核子密度仪法利用 γ 射线穿透土体的衰减规律测定密度,同时通过中子散射法测含水率,检测速度快但需定期用标准块校准,且受含碳量较高的土样影响较大。(2)含水率检测要与压实度同步进行。烘干法作为基准方法,将土样在105-110℃烘箱中烘干至恒重,计算含水率,结果精准但需4-6小时;酒精燃烧法通过酒精燃烧释放的热量蒸发水分,每次燃烧可去除约70%水分,通常燃烧3次即可,适用于现场快速检测;中子含水率仪通过快中子与水分子氢核的碰撞反应,测定慢中子计数率以换算含水率,可实现无损连续监测,适用于大面积碾压段的实时监控。(3)平整度检测。采用3米直尺和连续式平整度仪,3米直尺通过测量最大间隙评估局部平整度,要求每200米测2处 $\times$ 10尺;连续式平整度仪通过位移传感器记录路面凹凸变化,计算国际平整度指数(IRI),适用于高等级公路的连续检测。厚度检测中,钻芯法直接测量芯样高度,结果直观但会破坏路基结构;地质雷达法通过电磁波反射信号的传播时间计算厚度,可连续检测且效率高,需提前用已知厚度段校准波速^[2]。

2.3 路基结构性能检测

以下路基结构性能检测聚焦于承载能力与变形特性,为结构安全提供数据支撑。(1)承载力检测技术。静力触探法通过探头匀速贯入土层,测量锥尖阻力和侧壁摩阻力,可划分土层界限并估算地基承载力,适用于软土、黏性土等均质地层;动力触探法按锤重不同分为轻型(10kg)、重型(63.5kg)和超重型(120kg),通过贯入一定深度的锤击数评估地基密实度,重型触探法常用于砂土、碎石土路段;平板载荷试验通过刚性承压板分级加载,绘制荷载-沉降曲线,确定比例界限荷载作为承载力特征值,是最直接的检测方法但成本较高,适用于重要路段或地质复杂区域。(2)回弹模量检测。反映路基在反复荷载下的弹性变形能力,贝克曼梁法通过杠杆原理放大弯沉值,测量标准车荷载下的回弹变形,计算回弹模量,操作简便但属于静态检测;落锤式

弯沉仪(FWD)通过20-120kN的瞬时冲击荷载产生弯沉盆,利用多传感器记录不同半径处的弯沉值,反算回弹模量,可模拟行车动态荷载,数据精度更高且检测效率高。(3)弯沉值检测。是评估路基整体刚度的关键指标,贝克曼梁法需人工安置测头,每点检测耗时约5分钟,数据离散性较大;自动弯沉仪通过牵引车带动多个测轮连续测量,每小时可检测10-15公里,适用于大面积普查;FWD法不仅能测回弹弯沉,还可通过弯沉盆形状分析路基各层的刚度贡献,为结构层设计优化提供依据。

2.4 特殊路基检测

特殊路基检测要针对以下地质特性制定专项方案,确保处理效果达标。(1)软基处理效果检测。包括排水固结与复合地基两类,排水固结效果通过孔隙水压力计监测超孔隙水压力消散过程,当消散率达到80%以上时可判断预压完成;复合地基检测采用静力触探或载荷试验,水泥土搅拌桩复合地基需检测单桩承载力及复合地基承载力,桩身完整性可通过低应变法验证。沉降监测通过沉降板测量地表沉降,结合分层沉降仪监测不同深度土层变形,当连续三个月沉降速率小于0.5mm/月时,可判定路基趋于稳定。(2)冻土路基检测。关注冻胀与融沉风险,含冰量检测采用低温取样器获取冻土试样,通过冷冻干燥法测定冰含量,含冰量超过20%时需采取防冻胀措施;地温监测在路基不同深度埋入温度传感器,连续记录全年温度变化,当冻融界面深度超过设计值时需调整保温层厚度。黄土路基湿陷性检测通过室内试验和现场试验结合,室内试验在固结仪中对黄土试样分级浸水加载,计算湿陷系数;现场浸水载荷试验在试坑内分级加载并持续浸水,观测总湿陷量,当湿陷系数大于0.015时需进行换填或强夯处理。(3)盐渍土路基检测。重点控制盐胀与腐蚀性,易溶盐含量检测采用水洗法提取土中盐分,通过化学分析确定氯盐、硫酸盐等含量,当硫酸盐含量超过2%时需采取防渗措施;pH值检测评估土体腐蚀性,pH值小于4.5时需采用防腐路基填料,同时通过溶陷试验测定浸水后的体积变化,为路基高度设计提供依据。

2.5 路基环境适应性与耐久性检测

路基环境适应性与耐久性检测聚焦于长期使用中材料与结构对自然环境的抵抗能力,是保障路基长期稳定的重要环节,具体检测技术如下:(1)针对水稳定性检测,采用浸水崩解试验和冻融循环试验评估土的抗水损能力。浸水崩解试验将土样置于静水中观察崩解时间与程度,测定其遇水后的结构稳定性;冻融循环试验在-20℃至20℃的温度区间内对土样进行多次冻融循环,

通过测定循环前后的质量损失率和强度变化,评估季节性冻融区路基的抗冻性能。(2)渗透系数检测采用变水头渗透仪和常水头渗透仪,根据达西定律测定水在土中的渗透速度,计算渗透系数。变水头法适用于黏性土,通过观测不同时刻的水头变化计算渗透系数;常水头法适用于砂土等渗透性较强的土,直接根据流量和水头差测定,为路基排水设计提供关键参数。(3)有机质与有害物质检测中,有机质含量采用重铬酸钾氧化-外加热法测定,通过剩余重铬酸钾的消耗量计算有机质百分比,避免因高有机质含量导致的土样强度降低;有害物质检测针对路基填料中的硫化物、碳酸盐等,采用化学滴定法测定含量,防止其与水反应产生体积膨胀或腐蚀作用,影响路基耐久性^[3]。

3 路基工程试验检测仪器设备与操作规程

3.1 常用检测仪器分类

检测仪器按使用场景分为以下现场检测设备与室内试验设备。(1)现场检测设备以便携性和实时性为特点,包括灌砂筒、环刀、核子密度仪、贝克曼梁弯沉仪、落锤式弯沉仪(FWD)、地质雷达等,主要用于施工过程中压实度、弯沉值、厚度等参数的快速测定。

(2)室内试验设备则侧重精准性,如击实仪、液塑限联合测定仪、三轴仪、压力试验机、渗透仪等,用于土的物理力学性质、石料强度等指标的实验室分析。

3.2 关键仪器的工作原理

环刀通过固定容积的金属环取土样,称量土样质量后计算密度,原理基于体积与质量的直接换算。灌砂筒利用标准砂的已知密度,通过置换试坑中土体体积,间接计算土的密度。核子密度仪借助放射性元素(如铯-137)发射的 γ 射线穿透土体时的衰减规律测定密度,同时通过中子源与水分子的相互作用测定含水率。弯沉仪

中,贝克曼梁通过杠杆原理放大路基在荷载作用下的沉降量,落锤式弯沉仪则利用重锤冲击产生的瞬时荷载,通过传感器记录不同位置的弯沉值,生成弯沉盆数据。

3.3 仪器操作规范与校准要求

操作规范方面,现场仪器需在使用前检查状态,如灌砂筒需确保砂粒均匀且提前标定密度;环刀取样时需垂直切入土中,避免扰动土样。室内仪器操作需严格遵循试验步骤,如击实仪需按规定层数和锤击次数操作,液塑限测定仪需控制圆锥下落时间。校准要求上,计量类仪器(如天平、压力试验机)需定期通过标准砝码或试件校准,误差控制在允许范围内;核子密度仪需每月用标准块校验,确保射线计数稳定;弯沉仪的杠杆比例需每半年核查,避免因机械变形影响测量精度。通过规范操作与定期校准,可最大限度保证检测数据的准确性^[4]。

结束语:路基工程试验检测技术是保障道路桥梁质量的关键支撑,涵盖从材料到结构、从施工到耐久性的全维度检测内容。通过规范的检测项目、科学的技术方法及严格的仪器操作与校准,可有效把控路基质量。未来要进一步推动检测技术的智能化与精准化发展,结合实际工程需求优化检测体系,持续提升路基工程的质量与安全水平。

参考文献

- [1]吴泳霖.道路桥梁路基工程试验检测技术[J].建材与装饰,2025,21(6):139-141.
- [2]李文学.道路桥梁工程路基路面压实质量检测技术研究[J].运输经理世界,2024(26):95-97.
- [3]朱耀文.道路桥梁路基工程试验检测方法优化对策探析[J].建材发展导向(下),2022,20(5):181-183.
- [4]曾敏.道路桥梁路基工程试验检测方法特征研究[J].科海故事博览,2024(29):121-123.