

公路桥梁试验检测技术应用与细节问题研究

胡志成

新疆北新科技创新咨询有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 公路桥梁属于交通基础设施的重要组成部分,在一定程度上决定了人们的日常出行及经济的发展状况。试验检测手段是判断桥梁的技术状态、识别隐患以及制定维护方案的主要方式之一。文章全面总结了公路桥梁试验检测相关概念和技术框架,对原材料检测、混凝土强度检测、钢筋及预应力检测、静动载试验以及无损检测技术的应用情况进行了详细阐述。对于试验检测过程中出现的一些诸如设备准确度、测量差异、外部因素及操作流程等问题给予了针对性解决建议,以提高检测工作结果的真实性和可信性,从而更好地满足公路桥梁全寿命周期养护管理的要求。

[关键词] 公路桥梁; 试验检测; 细节问题

DOI: 10.33142/aem.v8i4.19618

中图分类号: U446.3

文献标识码: A

Research on the Application and Detail Problems of Highway Bridge Testing and Inspection Technology

HU Zhicheng

Xinjiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Highway bridges are an important component of transportation infrastructure, which to some extent determines people's daily travel and economic development. Experimental testing methods are one of the main ways to determine the technical status of bridges, identify hidden dangers, and develop maintenance plans. The article comprehensively summarizes the relevant concepts and technical frameworks of highway bridge testing and inspection, and elaborates in detail on the application of raw material testing, concrete strength testing, steel reinforcement and prestressing testing, static and dynamic load testing, and non-destructive testing technology. Targeted solutions have been provided for some issues that arise during the testing process, such as equipment accuracy, measurement differences, external factors, and operational procedures, in order to improve the authenticity and reliability of the testing results and better meet the requirements of highway bridge lifecycle maintenance management.

Keywords: highway bridges; testing and inspection; details

引言

公路桥梁在服役期间一直受到车辆荷载以及环境的影响而不断发生着不同程度的老化现象,因此在服役期间要对其进行定期检测来了解桥梁结构的状况以确保其能够安全运行。目前传统的检测方式效率低、准确率不高以及会对结构造成一定程度损坏,已经不能适应现代工程建设对质量的要求,采用新型检测手段进行试验检测成为了保证工程质量、保障工程结构安全的重要措施之一。静载试验、动载试验、超声检测、回弹法、探地雷达等多项检测技术运用到实际工作当中,但是其中的一些具体存在的问题也不能忽视。检测仪器的精度误差、测试数据的随机误差、外界环境的影响、操作方法不当和工作人员技术水平不足等都会对试验检测的结果产生一定的影响。本文结

合公路桥梁试验检测实际应用情况,对各种试验检测技术的应用场合以及应注意的问题进行总结归纳,对在试验检测过程中出现的细节问题进行探讨,并针对上述问题提出相应的解决办法,希望能够对有关公路桥梁试验检测工作有所帮助。

1 公路桥梁试验检测概述

1.1 公路桥梁试验检测的基本内涵

公路桥梁试验检测是对桥梁结构以及各部位的力学性能、材料性能、几何尺寸与内部缺陷等进行定量测试和定性评价的工作。它不仅包含原材料入场到使用期间的整个过程,还包括建造时的质量检验、运行过程中的定期监测以及加载实验等内容,在试验检测中采用不同的方式来检测桥梁的力学性能以及其结构的安全情况及存在的问

题等, 试验检测技术是保证桥梁工程质量的重要方式之一, 在进行试验检测时能够将所有的方法相结合从而可以更好地了解桥梁的力学性能、结构的安全状况以及存在的风险等等。在试验检测后所得的数据可以用于桥梁承载力的计算、耐久性的判断和维护修理等工作当中。

1.2 公路桥梁试验检测的重要意义

公路桥梁试验检测的作用有方方面面。首先, 在建设过程中对工程质量进行监督可以保证工程质量满足设计标准的要求, 防止出现由于原材料不合格或者施工不到位带来的质量隐患问题; 其次, 在桥梁使用阶段进行定期检查可以及早发现问题的发展趋势, 从而进行相应的保养维修; 桥梁监测检测的方式分为动态测试以及静力加载两类, 动态测试是模拟汽车行驶状态下的情况来检测桥梁状况, 而静力加载主要是通过对桥梁施加外力并测量其变形大小来得到桥梁的静力变形参数; 最后桥梁发生诸如地震灾害, 水灾以及过载等意外事件发生之后, 需要马上进行检测以确定受损情况以便采取相应的交通管制措施或者进行相应的补强加固处理等。

1.3 公路桥梁试验检测的主要内容

公路桥梁试验检测的内容主要有三个方面, 材料方面有混凝土强度、钢筋锈蚀状况、预应力管道压浆饱满度等等; 构件方面包含梁板、墩柱、支座、伸缩缝的几何尺寸、表面缺陷等; 结构方面通过加载试验得到挠曲值、应变、自振频率等综合力学响应指标。三种形式相互印证, 一起绘制出一座桥梁的技术形象图。

1.4 公路桥梁试验检测技术发展现状

近年来, 公路桥梁试验检测技术向着信息化、智能化的方向发展。传统的手工观测方式逐渐由无人机巡视、三维激光扫描等多种高效率的方法代替; 超声法、回弹法等各种无损检测技术越来越完善; 光纤传感、北斗监测试验等实时检测系统的使用越来越多, 应用于大型桥梁之中, 但是技术水平参差不齐的问题还依然存在, 常规检测还是以传统的办法为主, 智能化技术的应用还在摸索当中。

2 公路桥梁试验检测技术的应用分析

2.1 原材料与混凝土强度检测技术应用

原材料质量是公路桥涵施工的前提条件。水泥、骨料、外加剂、掺合料等材料到达现场之前应做好细度、含泥量、碱含量、氯离子含量等工作, 保证其满足相关规范要求。混凝土拌合物的工作性能由坍落度试验、维勃稠度试验来进行评判, 硬化后其力学性能要靠抗压、抗折强度试验。而混凝土抗压强度试验是桥梁工程质量检测的重点项目。试件标准养护试块抗压试验可以用来评定混凝土强度等

级, 但是不能很好地反映出实际结构内混凝土的真实情况。因此回弹法、钻芯法两种方法被广泛采用。回弹法方便快捷、检测速度快, 适合大规模的强度调查; 钻芯法的结果明确可靠, 但是属于损伤检验, 在有疑问的位置进行复核检查使用。

2.2 钢筋及预应力体系检测技术应用

钢筋的位置、间距, 以及保护层厚度对混凝土结构受力性能有很大影响。钢筋探测仪基于电磁感应技术无损检测出钢筋配置情况。混凝土钢筋出现锈蚀会使钢筋体积增大引起混凝土开裂剥落。半电池电位法可以测算出钢筋锈蚀的风险程度, 混凝土电阻率检测能够反映出锈蚀发展的速率环境因素。预应力系杆为后张法桥梁的重要受力部件, 管道注浆饱满与否关系到预应力能否有效传递以及使用寿命长短。冲击回波法可以通过观察应力波在管子周围反射的情况来判定是否有注浆缺陷及其大小位置情况。对锚下有效预应力测定, 反拉法是在锚具上施加张拉力, 从测量锚索伸长量同张拉力的关系曲线来计算得到锚下有效预应力值大小。为了提升钢筋混凝土试验检测效率、确保检测结果真实可靠, 进而增强公路桥梁工程质量, 应注重各种检测技术的合理使用。

2.3 桥梁结构静载与动载试验技术应用

静载试验是对桥梁承载力进行评估的一种直接手段, 在桥梁上规定的位置加载模拟汽车荷载, 观测控制截面的挠度、应变及裂缝宽度的变化, 用实测值与理论计算值对照, 采用校验系数、相对残余变形等指标对结构的受力性能进行整体评价。某一超长跨径连续刚构桥梁, 在车辆轮压作用下的测试段箱梁顶板挠度、应变的实际量测值都超过了理论计算结果, 校验系数处在 1.04~1.26 之间, 说明桥面板与箱梁顶板一起受力的情况不佳。此实例说明了静载试验可以发现结构共同受力不良的情况。动载试验通过车辆以不同的速度行车过桥或者跳车激励或者环境激励等方式获取结构的振动响应信号。从中得出自振频率、阻尼比、振型等动力学指标。而实测得到的自振频率大于理论上的结果说明整个结构的刚度较好; 反之则表示可能有刚度下降的情况。

2.4 无损检测技术(超声波、回弹法、探地雷达等)应用

超声波检测技术根据超声波在混凝土介质中传播的特性来判定其内部情况, 如果混凝土内部出现空洞或者缝隙, 则会导致声波传播速度减慢以及波形失真, 通过比较声时、波幅以及主频等相关参数的变化就可以估测出缺陷所在位置及大小范围, 这种方法广泛应用于预应力孔道压

表 1 常用无损检测技术对比

检测技术	基本原理	主要适用范围	优点	局限性
超声波法	脉冲波在混凝土中传播速度与介质密度相关	内部空洞、裂缝深度、均匀性检测	穿透能力强、定位准确	需耦合剂、表面粗糙影响大
回弹法	回弹值与混凝土表面硬度正相关	混凝土强度批量推定	操作简便、效率高、成本低	仅反映表层状况、受碳化影响
探地雷达法	电磁波反射信号识别介电常数差异	钢筋分布、保护层厚度、管道定位	连续扫描、成像直观	对高含水率介质穿透力受限
红外热成像法	表面温度分布差异反映内部缺陷	桥面铺装脱空、渗水区域识别	非接触、大范围快速扫描	受日照和环境温度影响大

浆饱满情况检查当中。而探地雷达是基于雷达信号被不同介质反射回来的不同情况来进行定位工作的，钢筋、金属波纹管、潮湿区段、空腔等情况都具有明显的反射特点，在实际操作过程中可以做到实时跟踪扫描，在显示屏上直观地显示出图像结果，适合进行大面积隐蔽结构的质量验收工作，回弹法则是在经验公式的基础上结合混凝土表面硬度和压实力度之间的关系来推算强度数值。检测过程中要求在测区平铺布置测点，在去除离散值的基础上求取平均回弹值，之后对碳化情况进行修正查阅查表得到强度。此法受到表面状况、龄期、含水量的影响较大，其结果应与钻芯法比较参考。

3 公路桥梁试验检测中的细节问题分析

3.1 检测设备精度与校准细节问题

检测仪器的准确度是保障检测结果准确的基础。钢筋探测仪标定误差、回弹仪率定值偏离、超声波仪器计时误差等，都会影响到检测试验结果的真实程度。有些施工现场所用仪器未经规定的时间内计量校正或者校准证书过期后还在使用。仪器预热不够充分或者电池电量低造成信号衰减等情况往往也会出现在检测过程中但常常被忽略。

3.2 检测数据采集过程中的误差与失真问题

数据收集是实验测试最关键的步骤，在所有的环节里也是最容易出错的一个地方。静态试验时，传感器的位置偏差，以及初始值设定失误都会造成挠度或者应变量程上的误差；动态试验时由于采样的速率过低会出现频谱重叠的现象，丢失了高频部分的信息。无损探伤的时候因为取样点分布得随意而导致样品代表性差^[1]。另外还有人工读数误差或是手抄录入的时候发生的笔误等问题也会造成数据失实等情况的发生。

3.3 检测环境对结果的影响问题

环境因素对检测结果的影响常常忽视掉，温度的变化会导致应变片的零点漂移以及混凝土弹性模量的变化，在夏冬季同一个结构物会给出不同的挠度响应情况；另外湿度条件也会影响着混凝土表面电阻率，从而影响到半电池

电位法对于钢筋锈蚀状况的判定；在大风天气进行动载测试的时候，环境的风激励会混入到结构的响应当中，导致自振频率无法精准地测量出来；还有就是光亮条件不同也会造成对裂缝宽度测定有较大影响。

3.4 试验检测操作流程中的不规范问题

检测过程中的操作规程落实不到位也是检测质量问题的高发环节之一。在进行静载荷试验加载的时候，如果分级加载的时间不够充分，则徐变还没有全部完成，那么实际测得的位移就会比较小；而测试裂缝宽度的时候未经过碳化测量或者碳化测量的数据处理错误都会引起推断出的强度错误^[2]；在检测之前准备工作不到位，被检测物体表面没有清理干净，耦合剂上得也不够均匀也会导致测试结果不准。

4 提高公路桥梁试验检测质量的优化措施

4.1 完善试验检测管理制度与标准体系

应在机制上引导检测工作实施。规定检测计划书的制作、审批、发布程序，保证计划书合理可行。设置检测报告分层级审批模式，对原始记录、过程数据、最终结论层层把关。不定期开展检测室间对比试验，比较各实验室之间检测结果的差异度^[3]。检测项目的详尽周全性、检测仪器总体质量水平、检测人员综合素质水平等都是取得可信检测结果的基础条件。

4.2 加强检测设备日常维护与周期校准

仪器管理要推行“一台一卡”的管理模式，登记仪器基本信息、检定状况、使用记录以及日常保养状况；编制年检计划，保证仪器在有效期内应用；现场检验之前，须先对仪器功能进行核查与现场校准，以确保仪器运行良好；对于像回弹仪这类损耗较大的仪器要及时按照一定周期进行率定标定，仪器使用之后要做好及时清理维护的工作，以免出现由于存放不善造成的性能降低的情况。

4.3 提升检测人员专业培训与能力考核

检测机构要创建分级教育培训机制。对于新进员工必须进行岗前基础理论培训及基本操作技能培训并经考试合格后才能上岗操作；在职工作人员要经常接受新的技术

和新的规范培训。做好检测人员的能力档案,对其所接受过的培训和考核以及从业情况进行记录。提倡检测人员积极参加各类职业技能大赛和技术比武活动,在工作中锻炼和提高自己的能力。

4.4 强化检测全过程质量控制与监督机制

质量保证应该贯穿在检测的每一个环节当中,前期准备应该做好相应的技术讲解工作,确定检测流程、岗位职责以及质量指标等;中期过程要对检测工作进行全程的质量监护,监督重大工序的操作过程,核查检测数据的记录是否齐全、是否符合规定等;后期工作要做好试验数据的不确定度评定,在每个不确定度分量上分析其产生原因及其影响大小,并不断优化实验方法。

4.5 建立桥梁试验检测风险识别与预警机制

试验检验工作中的危险源辨识属于事前控制的重要环节,应编制试验检验风险一览表,包括仪器设备风险、环境风险、人员风险、方法风险等多个方面,在此基础上制定不同的防范措施及应急处理方案。检测中一旦出现不合格的数据或者危险迹象,立即发出警报,暂停检测任务并对相关人员进行研究讨论查找原因,切忌在不清楚具体原因的前提下继续开展检测造成错误判断。

5 结语

公路桥梁试验检测是保证桥梁结构安全可靠以及养护管理的重要技术措施,不论是原材料检测还是营运期间

的安全检查,各种各样的检测技术都对整个建设工程有着重要的作用。由于检测仪器精度低、采集的数据存在偏差、外界环境的影响以及检测过程中的步骤不规范等原因都会影响检测结果的真实性与可靠性,在实际检测工作中一定要注重检测布点位置是否恰当、施加荷载是否准确、数据分析是否严谨这些问题,看似无关紧要的一些方面其实是最能影响到最后检测结果准确度的地方。健全管理机制、加强仪器标定、提高工作人员素质并建立健全风险防范制度都可以使检测工作更为科学全面。展望未来,在智能化、数字化等新技术不断应用于检测行业的情况下,公路桥梁试验检测也会向着更精准、更高效、更智能的方向进步,给交通运输基础设施的安全运营带来更多可靠的技术保障。

[参考文献]

- [1]梁福生.新型试验检测技术在道路桥梁检测中的应用策略探析[J].张江科技评论,2025(10):85-87.
- [2]吴林威.公路桥梁工程钢筋混凝土试验检测技术及相关管理问题研究[J].运输经理世界,2024(12):118-120.
- [3]王增义.公路桥梁试验检测技术应用与细节问题分析[J].科技资讯,2025,23(19):146-148.

作者简介:胡志成(1993—),毕业于中国石油大学(华东)土木工程专业,中级工程师,现就职于新疆北新科技创新咨询有限公司。