

公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术应用实践

吕虎

苏交科集团检测认证有限公司

摘要：随着公路桥梁规模的不断扩大和交通运输需求的增加，桥梁结构工程所涉及的技术和要求也越来越高，钢筋混凝土作为一种常用的桥梁结构材料，其质量和安全性的保证成了桥梁工程中至关重要的任务之一。为了确保桥梁的设计、制作质量和施工后的实际性能符合相关规范和要求，钢筋混凝土试验检测技术的应用实践显得尤为重要。基于此，文章简要论述了公路桥梁钢筋混凝土工程的特点，以及进行公路桥梁钢筋混凝土试验检测的必要性，详细分析了公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的要点，并提出了公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的实践应用措施，以期促进公路桥梁的可持续发展。

关键词：公路桥梁；钢筋混凝土；试验检测技术；应用实践

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.059

公路桥梁是交通运输重要的基础设施之一，其建设质量与安全性直接关系到人民群众的生命财产安全，钢筋混凝土是公路桥梁的常用结构材料，其性能与质量的检测是保证桥梁耐久性和安全性的重要环节。然而，由于长期受到车辆负荷和环境因素的作用，桥梁结构容易出现损坏和老化，对于桥梁的质量和安全性检测变得至关重要。其中，钢筋混凝土作为桥梁常用的材料之一，其性能和质量的检测对于保证桥梁的耐久性和使用寿命至关重要。因此，公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的应用实践具有十分重要的意义。

一、公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的概述

（一）公路桥梁钢筋混凝土工程的特点

公路桥梁钢筋混凝土工程是指利用钢筋混凝土材料构建公路桥梁的工程过程和技术，由钢筋和混凝土组成，钢筋用于抵抗桥梁受力时的拉力，而混凝土则用于承受压力，主要用于承载车辆的重量和交通载荷，连接两个地点或跨越障碍物，确保道路的连通性^[1]。钢筋混凝土材料具有较高的抗压能力和强度，能够承受来自车流、荷载和外部环境的压力，并能抵抗环境的侵蚀和变化，保障桥梁的长期安全使用。并且，钢筋混凝土材料易于加工和施工，可满足不同类型桥梁的设计需求，具有较大的施工灵活性，以及较低的维护成本，维护周期相对较长。此外，钢筋混凝土材料的可塑性使得设计师可根据具体的需求进行形状、尺寸和曲线的设计，可适应不同的地理和环境条件，使用钢筋混凝土材料可减少对自然资源的消耗，且在拆除桥梁时，还可进行材料的

回收和再利用，有利于环境保护。总之，公路桥梁钢筋混凝土工程具有强度高、耐久性强、施工灵活性高、维护成本低、可塑性强和可持续发展等特点，具有十分重要的研究和应用价值，是现代公路桥梁建设的常用技术。

（二）公路桥梁钢筋混凝土试验检测的必要性

公路桥梁钢筋混凝土结构作为承载车辆和交通载荷的重要组成部分，其安全性至关重要，定期对其进行试验检测，可有效评估材料的强度、耐久性和稳定性，确保结构在使用过程中具备足够的安全性和承载能力。同时，试验检测可评估混凝土材料的质量，以及施工工艺和技术的合理性，通过及时发现和解决潜在问题，可有效提高工程质量，减少结构缺陷和质量隐患的发生。并且，试验检测技术的引入，旨在为公路桥梁钢筋混凝土工程引入科学化管理，包括材料选择、施工过程监控和质量控制等方面，并依据试验结果制定相应的标准和规范，确保工程按照统一的标准进行建设，提高施工效率和质量^[2]。此外，试验检测可评估桥梁材料的耐久性和抗腐蚀性能，及早发现和及时处理腐蚀、裂缝等问题，延长桥梁的使用寿命，减少维护和修复成本，且通过试验检测，还可在实际使用环境中获取材料和结构的性能数据，为桥梁设计和研发提供准确数据和参考依据，促进公路桥梁的可靠性和可持续发展。

二、公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术要点

（一）钢筋混凝土材料检测

在公路桥梁钢筋混凝土材料检测中，一般可使用标准压力试验机对混凝土试样进行受力测试，测定混凝土的抗压强度；对混凝土试样进行弯曲加载试验，测定混凝土的抗折强度；对混凝土试样进行拉伸加载试验，测定混凝土的抗拉强度。同时，通过对混凝土中的材料成分进行化学分析，评估混凝土的配比合理性和质量，并使用背散射X射线技术进行钢筋的无损检测，用于检测钢筋的数量、位置、尺寸和质量。此外，还可通过坍落度试验来评估混凝土的流动性和工作性能，或使用密度计或含水率测定仪等设备，对混凝土的密度和含水率进行测定，评估混凝土的质量和固化程度，并保证试验结果的准确性和可靠性。

（二）结构特征和受力性能检测

在公路桥梁钢筋混凝土结构特征和受力性能检测中，应根据具体的试验需求和设计要求，选择合适的试验方法和设备进行检测，以确保获得准确可靠的结构特征和受力性能数据。一般而言，首先可使用测量仪器，

对桥梁结构的几何参数进行测量，如跨度、高度、横断面形状等，以评估结构的形状和尺寸特征，再通过对桥梁进行荷载测试，模拟实际运行条件下的荷载作用，评估结构的受力性能和承载能力。同时，使用振动传感器对桥梁进行振动测试，测量桥梁的自然频率、振动模态等，评估结构的动力特性和稳定性，并通过施加动力载荷或模拟地震等外部激励，测量桥梁的响应，包括位移、应变和加速度等，评估结构的动力响应特性。此外，还可使用测量仪器对桥梁的形变和位移进行监测，评估结构的变形和稳定性，并使用无损检测技术，如超声波、红外热成像等，对桥梁的缺陷进行检测，包括裂缝、锈蚀、腐蚀等，评估结构的完整性和安全性。

（三）静载试验检测技术

静载试验是公路桥梁钢筋混凝土试验检测的常用技术，用于评估桥梁结构的受力性能和承载能力，主要通过模拟实际荷载作用下的结构行为，测量和分析桥梁在不同荷载下的变形、应变和位移等参数，评估结构的安全性和承载能力。在应用静载试验检测技术时，首先需在桥梁上预应力锚固部位安装应力传感器，测量和监测预应力锚固系统的力值，以确保预应力钢筋的受力状态和锚固性能符合设计要求，并通过安装挠度计等测量设备，测量和监测桥梁的挠度变形，以评估结构的刚度和变形性能。同时，在桥梁结构上安装应变计，测量和记录不同荷载下的应变变化，评估结构的受力分布和变形性能，并在桩基上安装承载试验仪器，施加垂直荷载并测量桩身的沉降和承载力变化，评估桩基的承载能力和稳定性。此外，还可通过在悬臂梁上施加水平荷载或点荷载，测量不同位置的变形和应变，以评估悬臂梁的承载能力和稳定性，为桥梁设计、施工和维护提供科学依据和参考，确保桥梁的可靠性和使用寿命。

（四）动载试验检测技术

动载试验主要用于评估桥梁结构在动态荷载作用下的响应和动力性能，一般需对公路桥梁施加动态荷载，测量和分析桥梁在不同频率和振幅下的振动响应，从而评估结构的稳定性、振动特性和疲劳性能。在具体应用动载试验检测技术时，可利用动荷载发生器、振动台或车辆模拟器等设备，通过施加不同频率、振幅和持续时间的动态荷载，模拟实际桥梁在交通荷载下的受力状况，并在公路桥梁的具体节点安装加速度计、位移传感器等测量设备，测量和记录桥梁结构在动态荷载作用下的振动响应，包括加速度、速度、位移等参数。同时，通过对振动传感器获得的数据进行频域分析，得到桥梁结构的频响函数曲线，确定结构的共振频率和振动特性，再基于此对振动数据进行模态分析，确定桥梁结构的特征频率、振型和阻尼比等参数，评估结构的稳定性和动态性能。此外，还可通过长时间的重复动态荷载施加，测量和记录桥梁结构的振动响应和变形，分析结构在疲劳荷载下的损伤累积和疲劳寿命，为桥梁设计、改

造、维护和日常监测提供科学依据和参考，保证桥梁的安全可靠运行。

（五）内部缺陷和表层损伤检测

在公路桥梁钢筋混凝土试验检测中，内部缺陷和表层损伤检测旨在评估结构的质量和完整性，发现潜在的问题并及时采取修复措施，确保桥梁的结构完整性和长时间的安全运行。常见的内部缺陷和表层损伤检测技术包括以下几个方面：（1）超声波检测：超声波检测是一种无损检测技术，通过发送超声波脉冲到混凝土结构中，根据脉冲回波的时间和强度变化，测量并评估混凝土中的缺陷、空洞、裂缝等问题。（2）红外热成像：红外热成像技术可以通过测量物体表面的热辐射，获取物体的表面温度分布图像，且在混凝土结构中，还可通过红外热成像技术来检测局部温度异常、湿度问题和隐蔽的内部缺陷。（3）X射线检测：X射线检测是一种广泛应用于钢筋混凝土结构的无损检测技术，一般可通过背散射X射线成像来评估钢筋的位置、数量、尺寸和质量，发现钢筋的损伤、腐蚀和缺陷问题。（4）探伤技术：探伤技术包括磁粉检测、涡流检测和超声检测等方法，主要应用于检测钢筋的裂缝、腐蚀和缺陷，通过在钢筋表面施加磁场、电磁感应或超声波等能量，观察和分析回波信号的变化，以确定钢筋的完整性和质量。

三、公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的实践应用措施

（一）钢筋混凝土静载试验准备阶段

在进行公路桥梁钢筋混凝土静载试验前，首先需根据桥梁的类型、结构特点和设计要求，制定合理的试验方案，包括选择试验位置、确定试验荷载、预估应力范围、确定试验时间和评价指标等，并根据桥梁的设计荷载和使用状况，结合实际情况，确定试验所需的静载荷载，通过试验车辆、水袋或静荷载器等方式施加负荷。同时，确认所需的试验设备和仪器，包括静荷载设备、位移测量仪器、应力测量仪器等，确保设备和仪器的运行正常，并进行校准和调试，并在桥梁上选取合适的测量控制点，如钢筋架设位置、混凝土梁端、翼墙或支座等位置，再根据试验方案，安装和固定位移测量传感器、应力应变测量传感器等。此外，还需根据试验方案的要求，在桥梁下方搭建支撑结构和工作平台，确保试验过程的安全和稳定，并根据试验方案，制定详细的试验计划，包括试验过程、试验参数、数据采集方法等，且需制定安全预案，明确试验过程中的安全措施和应急预案，从而获取准确可靠的试验数据，为后续的数据分析和桥梁结构评估提供科学依据。

（二）试验加载与观测阶段

在公路桥梁钢筋混凝土试验检测的实践应用中，试验加载与观测阶段是静载试验的关键环节，一般应按照试验方案 and 设计要求，将预先确定的试验负荷施加到试验结构上，并通过静荷载器、水袋或其他负荷施加设

备进行加载,并确保负荷的稳定性和均匀分布。同时,安装位移测量仪器、应力应变传感器等仪器设备,实时采集和记录试验过程中的位移、应变、力等相关数据,确保数据采集设备运行正常,并进行数据质量的检验和校准。并且,在加载过程中,还需观测结构的变形、裂缝、位移等响应情况,评估结构的受力和变形性能,利用测量仪器对试验结构进行连续观测和记录,特别关注破坏性变化和结构安全性的评价,并根据试验的实际情况,对试验负荷进行控制和调整,再根据观测结果和试验方案,及时调整负荷施加的大小和方式,保证试验过程中的负荷条件满足设计要求。此外,在试验加载过程中,还需保持严密的安全监控,特别关注试验结构和周围环境的安全,采取必要的防护措施,确保试验现场的人员和设备的安全,及时记录试验的关键环节和数据信息,并对采集到的数据进行初步的分析和评估,评价结构的受力性能和变形性能。

(三) 动载试验

在公路桥梁钢筋混凝土试验检测的实践应用中,动载试验是用于评估桥梁结构在实际交通荷载作用下的动态响应和疲劳性能的重要手段,在进行动载试验时,首先应针对具体桥梁的性能评估目标和设计要求,确定试验参数,包括试验车辆类型、速度、荷载配置等,并根据实际交通状况和预测的荷载特征,选取合适的试验参数。同时,根据试验参数和设计要求,选择合适的试验车辆,考虑车辆的质量、轴重、轴距、载荷速度等因素,保证试验车辆与实际交通荷载的一致性,并按照试验参数和设计要求,将试验车辆的荷载施加在桥梁上,一般可利用专用试验车辆或者搭载荷载设备的普通车辆进行试验,确保荷载施加的准确性和可控性。并且,在试验的过程中,还需采用合适的传感器和仪器设备,实时采集和记录桥梁的动态响应数据,如桥梁的位移、应变、加速度等参数,以及车辆荷载的相关数据,确保数据采集设备正常运行,并对数据质量进行检验和校准,再根据采集到的数据,对桥梁结构的动态响应进行观测和分析,如分析桥梁的振动模态、共振频率、变形特点等,评估其在实际交通荷载下的性能表现。此外,还应对动载试验获得的数据进行深入分析,根据试验结果计算疲劳寿命、疲劳应力范围等指标,评估桥梁结构的疲劳强度和耐久性,并对试验数据进行进一步分析和整理,形成结构评估报告,评估桥梁结构的可靠性、安全性和耐久性,为桥梁的维修和管理决策提供依据。

(四) 试验检测结果分析

(1) 桥面板混凝土检测

在进行公路桥梁混凝土静载试验和动载试验后,还需对桥面板混凝土试验检测结果进行深入分析,一般可收集桥面板混凝土试验的相关数据,包括混凝土配合比、制作工艺、抗压强度试验数据、抗折强度试验数据

等,并根据试验结果进行数据处理和统计分析,如计算抗压强度和抗折强度的平均值、最大值和最小值,计算标准差等。同时,根据分析的试验结果,评估桥面板混凝土的质量和性能是否符合相关规范和要求,并与设计规范的要求进行对比,判断试验结果是否合格。此外,对于试验结果中出现的异常数据,还需进行进一步的分析和检测,以确定其原因和影响,如进行混凝土的物理性能、相对密实度、抗渗性能等方面的进一步检测,并对试验结果的分析 and 评估结果进行解释,提供给相关部门和工程师参考,便于后续调整设计和施工方案,提高桥面板混凝土的质量和耐久性。

(2) 桥面板其他检测

除了桥面板混凝土的试验检测结果分析外,对桥面板所处的环境进行检测,包括温度、湿度、大气污染物(如二氧化硫、氮氧化物等)的浓度等,以提供关于桥面板受环境因素影响的信息。第二,对桥面板的表面进行检测,包括视觉检查、摄影和测量等,如检查是否存在裂缝、腐蚀、剥落等表面缺陷,以及检查是否存在堆积物、杂草等,对桥面板的安全性和使用寿命进行深入研究。第三,桥面板通常还需设计有效的防水功能,进行防水性能的检测,包括水压试验、渗透性试验等,以确保桥面板在使用过程中能够有效地防止水分渗透。并且,针对夜间行车安全,还应对桥面板的反射性能进行试验检测,包括反光性能的测试,如通过反光贴膜、反光钢板等来提高桥面板的可见性。此外,对于一些特殊桥梁,如挂篮桥、斜拉桥等,还应进行动力性能的检测,如通过自然风荷载或振动器加载,测量结构的谐振频率和振动模态,评估桥面板结构的稳定性和动态响应,确保桥梁的安全稳定运行。

结语

综上所述,钢筋混凝土试验检测技术的实践应用,对于公路桥梁的质量和安全性十分重要,其中试验检测结果分析是公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术的重要环节,一般可通过数据分析和评估,评判桥梁质量和性能是否符合规范要求。此外,还需对桥面板进行其他检测,如环境检测、表面检测、防水性能检测等,有效评估桥梁的状况和安全性,提高桥梁的耐久性和安全性,为公路桥梁工程的设计、施工和维护提供科学依据和技术支持。

参考文献

- [1] 钟志红. 公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术应用实践[J]. 工程技术研究, 2023, 8(06): 68-70.
- [2] 别宗霖. 公路桥梁钢筋混凝土试验检测技术应用研究[J]. 交通建设与管理, 2022, (03): 128-129.

作者简介: 吕虎(1988.06-),男,陕西西安人,汉族,本科学历,工程师,研究方向(主要从事的工作): 道路桥梁试验检测。