路桥施工阶段混凝土强度检测技术研究

何聪
广东至艺工程建设监理有限公司，广东 广州 510000
DOI:10.61369/ETQM.2026080027

摘　　要： 本论文说明混凝土强度对于路桥结构的主要意义，介绍多种检测技术以及它们的原理、优势和不足，重点强调施工阶段检测规划、流程规范化、数据收集管理的重要性，还提及特殊情形下检测面临的难题及解决办法，以及未来的发展走向。

关 键 词： 混凝土强度；路桥结构；检测技术

Research on Concrete Strength Testing Technology In Bridge Construction Stage

He Cong
Guangdong Zhiyi Engineering Construction Supervision Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract: This paper explains the significant role of concrete strength in road and bridge structures, introduces various detection techniques along with their principles, advantages, and disadvantages, and emphasizes the importance of detection planning and process standardization during the construction stage, as well as data collection and management. It also mentions the challenges and solutions faced in special circumstances, as well as the future development trends.

Keywords: concrete strength; bridge and road structure; detection technology

引言

混凝土的强度对于路桥结构的安全性与稳定性非常主要。近段时间随着基础设施的建设持续推进（例如2020年颁布的《交通强国建设纲要》重点提出交通基础设施建造的高质量发展），路桥工程施工质量广受关注。在路桥施工环节，混凝土强度检测技术持续进步，从以往的回弹法、超声法等，发展到运用智能传感技术、无损检测技术。这些技术各有长短，检测流程要建立恰当的计划矩阵，规范数据收集管理，研发相关管理模块，设计互联网监控系统等。像跨江大桥、山区桥梁、早强混凝土以及动态施工环境等不同的工程场景，均对检测技术存在特殊需求。建立多源数据融合算法和跟踪评估体系同样十分主要，在未来智能化检测与工程管理相融合以及施工质量数字孪生系统会是发展的趋向。

一、路桥施工混凝土强度检测技术概述

（一）混凝土强度对路桥结构的影响原理

混凝土的强度对于路桥结构的安全性与稳定性而言，有着非常主要的作用。在桥梁承载能力方面，充足的混凝土强度是保证桥梁可以承受预期荷载的重要因素。高抗压的混凝土可更有效地抵御压力与拉力，避免桥梁在使用期间出现形变或裂缝，进一步确保桥梁的正常运用[1]。就耐久性而言，混凝土的强度会对其抗渗性能和抗腐蚀能力产生影响。高强度混凝土建立的结构更加紧密，可有效阻挡外界有害物的侵入，增长路桥的使用时长。在抗震能力方面，混凝土的强度与结构的刚度和韧性直接相关。高标号混凝土在地震等外部作用力下，可更有效地维持结构的整体性，降低损坏的概率，加强路桥结构在复杂工况下的安全性。

（二）施工阶段检测技术发展沿革

在道路桥梁施工时期，混凝土强度检测技术历经持续的发展。回弹法属于传统检测手段，它的原理是通过测量混凝土表层的回弹数值来推断强度，具备操作简易的特性，早期在工程项目里被大量运用[2]。超声技术通过超声波于混凝土里的传播特性对强度进行评估，随着技术的进步，其精准度持续提高。钻芯检测法是直接从混凝土结构里钻取芯样开展强度测试，其结果相对精准，不过会对结构造成一定损害。近段时间智能传感科技逐步用于混凝土强度测试，例如光纤传感器能够实时监控混凝土内部的应力与应变状况。无损检测技术持续进步，像运用雷达波、红外线等开展检测，在不损坏结构的状况下获取混凝土强度数据，为路桥施工质量管控提供更高效的办法[2]。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

二、主要检测技术方法分析

（一）传统检测技术特性比较

回弹法通过回弹仪测定混凝土表面硬度以推测其强度，原理是通过混凝土表面硬度和抗压强度存在相关性。操作较为简便、迅速，对结构损害小，不过受表面碳化、检测角度等因素作用，误差源头较多[3]。超声回弹综合法融合超声声速与回弹值，可更全面地体现混凝土内部质量状况，提高检测的精准度。但是其操作相对繁杂，需要同时测定回弹值和超声声速，并且对测试表面的要求较高。钻芯取样方式是直接从混凝土构造里钻取芯样开展抗压测试，其结果直观且准确，不过属于有损检测，会给结构带来一定程度的损伤，并且检测费用较高，取样的部位和数量也会对检测结果的代表性产生影响[3]。

（二）智能化检测技术创新

红外热成像技术通过混凝土表面温度分布的不同来检测强度，具备非接触、能快速进行大面积检测的优点，不过容易受到环境温度、湿度的影响[4]。应力波传播方法通过测定应力波于混凝土里的传播特性来评定强度，能够检测内部的缺陷，不过对结构边界状况较为敏感。AI图像识别技术可对混凝土表面图像特征进行分析以判定强度，具备自动化、高精度的特性，不过它依赖大量高质量的图像数据来训练模型。这些新式检测方法于路桥施工环节的混凝土强度检测方面各有长短，要全面考量施工环境、检测需求等要素，恰当挑选或组合运用，从而提高检测的精准度与效率。

三、检测技术与工程管理协同机制

（一）检测流程标准化建设

1.检测节点规划体系

在道路桥梁施工期间，混凝土强度检测要建立根据施工进度的计划矩阵。根据施工阶段的特性和重要程度来明确检测频率，重点部位或者容易产生问题的阶段要增多检测次数。同时确定验收准则，保证检测成果有精确的判定根据[5]。从工程管理视角，把检测计划和施工进度紧密相连，让检测工作按序进行，不干扰施工进度。在检测流程的标准化建立方面，对从样本收集到数据分析的每一个环节加以规范，确保检测成果的精确性与可靠性。检测节点规划系统应覆盖施工全流程，包含原材料入场、混凝土搅拌、浇筑、养护等各项主要环节，针对每个环节开展严格检测，及时察觉问题并采取措施解决，确保路桥施工品质。

2.数据采集管理规范

在路桥施工环节，混凝土强度检测技术研究里，数据采集管理的规范非常主要。需制定包括样本挑选、环境校正、数据记载等要素的全流程质量管控规程。样本挑选应具备代表性，包含不同施工区域和时间段，保证可精准体现整体混凝土强度状况。针对环境校正，需考量温度、湿度等要素对检测成果的作用，运用科学的校正方式。在数据记载方面，要详尽、精准记录每一项检测数据以及其相关信息，像检测时刻、地点、操作员工等，从而便于后续查询与分析。通过这些规范的制订与施行，能够提高检测数据的精确性和可信度，给路桥施工质量提供有力支撑[6]。

（二）信息化管理平台构建

1.BIM技术集成应用

研发整合检测数据的BIM管理模块对于路桥施工环节混凝土强度检测有着主要意义。此模块可实现强度参数和三维模型的实时映射，通过把检测所得的混凝土强度数据精准地关联至BIM三维模型里的对应构件之上，工程管理人员能够直观地知晓各个部位混凝土强度的实际状况。这不但有利于及时察觉强度未达标准等状况，还可为后续的施工决策提供坚实支撑，比如合理调控施工进度、完善施工工艺等，进一步提高路桥施工的质量与效率，确保工程的安全性和可靠性[7]。

2.互联网监测系统设计

在路桥施工环节混凝土强度检测技术研究里，互联网监测系统设计十分主要。搭建包括传感器网络、云端数据库以及移动终端的远程监测体系是重要步骤。传感器网络应科学布置在路桥施工的主要位置，实时收集混凝土的相关数据，像温度、湿度这类影响强度的主要要素[8]。收集的数据传至云端数据库开展存储与分析，通过大数据技术探寻数据背后的规律，为混凝土强度评定提供支撑。移动设备便于工程管理人员在任何时间任何地点获取数据，实时掌握施工情况，从而作出科学的决策，保证路桥施工里混凝土强度达到要求，维护工程质量。

四、工程实践与优化策略

（一）典型工程案例分析

1.跨江大桥检测方案实施

在跨江大桥检测方案落实过程中，针对预应力箱梁施工运用多技术协同的检测方案。运用超声法、回弹法这类无损检测技术对混凝土强度开展初步检测。超声方法通过超声波于混凝土里的传播特性，来推断混凝土的内部构造与强度情形[9]。回弹法通过回弹值和混凝土表面硬度之间的关联来评定强度。但是单一的技术有其局限性，所以采取协同检测的方式。在检测流程里发觉数据存有偏差，针对此状况开展偏差校正。经由对众多检测数据开展分析与比对，再结合实际的施工状况，明确合理的修正系数，进一步提高检测结果的精准度，为大桥的施工质量提供可靠的保障。

2.山区桥梁检测问题诊断

在山区桥梁检测工作里，复杂的地形状况给检测设备的部署造成不少难题。从一个方面来看，山区地势高低起伏明显，道路曲折不平，检测设备的运输存在困难，大型设备很难抵达指定的检测地点，这对检测工作的顺利推进产生影响[10]。从另一角度看，地形状况复杂使得检测点的挑选以及设备的安装调试遭遇挑战，不同的地形坡度和地质情形或许需要不一样的设备安装办法和检测角度，以此保证检测数据的精准性。为应对这些难题，可运用小型且便携的检测装置，利于在山区进行运输与操作。运用先进的测量手段对地形开展精准测量，为设备的科学部署提供支

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

撑，提高检测的效率与质量。

（二）现存技术瓶颈分析

1.早强混凝土检测难题

早期强度混凝土检测面临不少难题。一方面早强混凝土的硬化进程快速，它内部结构在较短时间里会出现复杂的改变，传统的检测手段难以做到实时且精准地掌握其强度发展状况。举例来说标准养护状况下的检测成果或许难以如实体现早强混凝土在实际施工作业环境里的强度。从另一个角度来看，早强混凝土里通常会添加各类掺合料以及外加剂，这些掺合料、外加剂和水泥之间的相互作用较为复杂，对混凝土的水化过程与强度增长规律产生影响。当下的检测手段在考量掺合料、外加剂的影响上存在欠缺，难以精准评定其对早期强度的作用。另外实地检测环境繁杂，像温度、湿度的起伏以及施工进程里的干扰要素，都为早强混凝土的检测造成难题，导致检测结果的精确性和可靠性遭受影响。

2.动态施工环境影响

动态的施工环境会对路桥施工阶段的混凝土强度检测技术产生多方面的作用。在温度梯度情况中，混凝土内部和表面的温度存在差异，会形成热应力，进一步引发微裂缝出现，对检测的精确程度造成影响。在不同季节以及昼夜温差出现较大变动时，这种影响会更为突出。湿度的变动同样不可小觑，湿度的差别会改变混凝土的水化反应过程，进一步对其强度的发展产生影响。高湿度条件或许会延缓水化进程，低湿度条件或许会造成水分快速散失，让混凝土表面产生干缩裂缝，这些状况都会对检测结果产生干扰，导致强度检测难以精准体现混凝土的实际强度情形。

（三）技术优化发展路径

1.多源数据融合算法

多源数据融合算法于路桥施工环节的混凝土强度检测技术里有着主要意义。通过机器学习搭建检测数据综合分析模型，要整合多个来源的数据。比如施工期间的原材料信息、环境信息以及不同时期的混凝土性能检验数据等。通过算法探寻这些数据之间潜藏的关联，经过对海量数据的学习与分析，建立混凝土强度和各影响因素之间的复杂关系模型。可运用神经网络算法、决策树算法等，神经网络算法能够自主地学习数据特性，决策树算法则能直观地展现决策准则。运用多源数据融合方法，加强混凝土强度检测的精准度与可靠性，为路桥建造质量提供有力支撑。

2.全寿命周期管理系统

在路桥建设施工阶段，建立包含施工期检测以及运营期监测的混凝土强度跟踪评价体系非常主要。在施工阶段，要运用多种检测手段，像回弹检测法、超声回弹联合法等，以保证混凝土强度达到设计规定。需严格把控施工工艺以及原材料品质，从根源上确保混凝土强度。进入运营阶段，需通过传感器等技术对混凝土强度开展长期监控，及时察觉潜在隐患。经由对施工阶段和运营阶段的数据采集与分析，搭建全寿命周期管理体系。此系统能够实现对混凝土强度的动态评测，为路桥的养护与加固提供科学支撑，进一步延长路桥的使用时长，提高其安全性与可靠性。

五、总结

在道路桥梁施工阶段，混凝土强度的检测技术有多种类型。各类检测技术具备各自特定的工程适用情形，要根据实际状况恰当挑选。举例来说回弹法适用于结构表面硬度和强度具备良好相关性的情形；超声法能够用于检测内部的缺陷等。随着科技进步，智能化检测和工程管理相结合成为一种趋向。智能检测技术能够提高检测的效率与精准度，通过和工程管理相结合，能够更有效地对施工进程开展监控与调节。今后建立施工质量数字孪生体系是一项主要研究领域。此系统能够对施工流程开展全面模拟与优化，实时展现施工质量情形，为混凝土强度检测以及整个路桥施工质量管控提供更具成效的办法。

参考文献

[1]布毅 . 后植筋拔出法检测混凝土强度技术研究 [D]. 湖南：湖南大学 , 2013.

[2]蒲成忠 . 在役预应力混凝土斜拉桥索力和混凝土强度无损检测技术研究 [D]. 重庆：重庆交通大学 , 2015.

[3]曾义 . 结构胶粘剂对后锚固法检测混凝土抗压强度精度的分析研究 [J]. 粘接 ,2020,42(06):23-25.

[4]卜良桃 , 刘德成 . 纤维水泥砂浆用先装拔出法检测强度的制订标准研究 [J]. 湖南大学学报（自然科学版）,2015,42(07):56-61.

[5]秦成超 . 混凝土强度增长规律及不同方法的检测强度关系研究 [D]. 中国铁道科学研究院 , 2016.

[6]崔洪欣 . 建筑混凝土强度现场施工检测技术研究 [J]. 智能城市应用 ,2023,6(04):119-121.

[7]陈德美 . 混凝土强度非破损检测技术在矿区的应用研究 [J]. 山东工业技术 ,2015,(14):70-70.

[8]索林 . 诌议施工混凝土强度检测 [J]. 城市建设理论研究（电子版）, 2012.

[9]李润 . 混凝土强度非破损检测技术研究 [J]. 环球市场 ,2016,(17):170-170.

[10]李治 , 李贝贝 . 建筑混凝土强度现场施工检测技术探讨 [J]. 建筑工程技术与设计 ,2016(15):376-376.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.