

混凝土结构耐久性评估与加固技术的研究进展

杨爱斌

中国新兴建设开发有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v2i4.8407

[摘要] 目前随着科技的不断进步发展,混凝土结构耐久性评估与加固技术正迎来新的研究突破。在耐久性评估方面,人工智能的应用提高了诊断准确性,基于性能的设计方法提供了更科学的耐久性预测,非破坏性评估技术则减少了评估过程中的破坏。在加固技术方面,预应力加固技术有效提升了结构承载能力,新型加固材料如高性能纤维复合材料等展现出出色性能,而3D打印技术则为个性化加固件制造提供了新途径。这些进展为混凝土结构的长期安全运营提供了有力保障。

[关键词] 混凝土结构; 耐久性评估; 加固技术

中图分类号: TV331 文献标识码: A

Recent Research Progress in Durability Assessment and Reinforcement Techniques for Concrete Structures

Aibin Yang

China Xinxing Construction Development Company Limited

[Abstract] Durability assessment and strengthening techniques for concrete structures are ushering in new research breakthroughs. In durability assessment, the application of artificial intelligence improves the diagnostic accuracy, the performance-based design method provides more scientific durability prediction, and the non-destructive assessment technology reduces the damage in the assessment process. In terms of reinforcement technology, pre-stressing reinforcement technology effectively improves structural load carrying capacity, new reinforcement materials such as high-performance fiber composites show excellent performance, and 3D printing technology provides a new way to manufacture personalized reinforcement parts. These advances provide a strong guarantee for the long-term safe operation of concrete structures.

[Key words] concrete structures; durability assessment; strengthening techniques

混凝土结构作为建筑工程的主要结构形式之一,其耐久性对保障建筑安全、延长使用寿命具有重要意义。然而,由于服役环境的影响,混凝土结构在未达到设计使用年限时便可能产生一系列耐久性问题。因此,如何科学评估混凝土结构的耐久性状态并准确预测其服役寿命,以及采用合适的加固技术提升结构的承载能力,成为当前建筑工程领域面临的重要问题和挑战。

1 混凝土结构耐久性评估的最新研究进展

1.1 人工智能在混凝土耐久性诊断中的应用

近年来,人工智能(AI)技术的迅猛发展为混凝土结构耐久性评估领域带来了革命性的变革。随着城市交通的快速发展,桥梁作为重要的交通设施,其安全性和耐久性显得尤为重要。以某市一座主要跨江大桥为例,由于使用年限较长,且长期受到车辆荷载、气候变化等多种因素的影响,混凝土结构出现了不同程度的损伤和性能退化。为了确保桥梁的安全运行,该市决定引入AI技术进行混凝土结构的耐久性评估。技术人员在桥梁的关键

部位安装了先进的传感器网络,这些传感器能够实时监测桥梁混凝土结构的应力、应变、温度、湿度等关键参数。传感器将收集到的数据传输至云端服务器,利用AI技术进行深度处理和分析。AI系统通过深度学习和模式识别技术,对监测数据进行智能分析,准确判断桥梁混凝土结构是否存在损伤,并确定损伤的类型、位置和程度。例如,系统通过监测到某处混凝土的温度异常升高和应力集中,成功识别出该处存在潜在的裂缝扩展风险。接下来,AI系统利用历史监测数据和桥梁设计资料,建立了桥梁混凝土结构性能退化的数学模型。通过运用相关算法,系统对桥梁未来的性能变化进行了准确预测。预测结果显示,桥梁的某些关键部位在未来几年内可能会出现严重的性能退化,需要进行加固和维护。基于AI系统的评估结果,该市制定了详细的桥梁维护和加固方案。技术人员根据系统提供的损伤位置和程度信息,对桥梁进行了针对性的维护和加固工作。通过AI系统的实时监测和预测功能,技术人员能够及时发现并解决潜在的安全隐患,

确保桥梁的安全运行。通过引入AI技术进行桥梁混凝土结构耐久性评估,该市不仅提高了评估的准确性和效率,还实现了桥梁的智慧运维。这不仅降低了维护成本,还提高了运营效率,确保了城市交通的顺畅和安全。

1.2 基于性能的耐久性设计方法

基于性能的耐久性设计方法在混凝土结构设计领域中正逐渐崭露头角,成为行业专家和工程师们关注的焦点。这一方法的核心思想是在设计阶段就预先考虑到结构在长期使用过程中可能遭遇的各种性能变化和损伤累积,从而在源头就采取措施来提升结构的耐久性和可靠性。以一个城市的一座大型商业综合体项目为例,该项目在混凝土结构设计阶段采用了基于性能的耐久性设计方法。在项目规划阶段,工程师们首先对该地区的气候条件、地质环境、交通流量等进行了深入研究,并考虑了未来可能出现的各种极端天气和自然灾害对结构的影响。基于这些研究,工程师们确定了结构设计的关键参数,如混凝土强度、钢筋配筋率等,以满足结构在长期使用过程中的性能要求。在材料选择方面,该项目采用了高性能混凝土和耐候性钢材。高性能混凝土具有更高的抗压强度和耐久性,能够更好地抵抗化学侵蚀和冻融破坏;而耐候性钢材则具有更好的耐腐蚀性,能够减少因锈蚀引起的结构损伤。这些材料的选择大大提高了结构的耐久性。在结构设计过程中,工程师们注重了结构的细节设计^[1]。通过优化结构细部构造,如梁、板、柱等构件的连接节点,减少了应力集中和裂缝的产生。另外,工程师们还采用了先进的结构分析软件,对结构进行了全面的受力和仿真模拟,确保结构在各种工况下都能保持良好的性能。为了保障结构的安全性和可靠性,该项目还建立了完善的监测系统。通过在结构的关键部位安装传感器,实时监测结构的应力、变形、温度等参数,并将数据传输至中央控制系统进行分析和处理。一旦发现结构出现异常或损伤,系统会自动报警,并提醒管理人员及时采取措施进行维修和加固。通过采用基于性能的耐久性设计方法,该商业综合体项目在结构设计阶段就充分考虑了结构的耐久性和可靠性。这不仅确保了结构在长期使用过程中的安全性和稳定性,还为后续的维护和加固工作提供了科学依据。该项目的成功实施也为类似工程提供了有益的借鉴和参考。基于性能的耐久性设计方法的应用,不仅能够显著延长混凝土结构的使用寿命,减少因结构损坏而带来的维修和重建成本,还能够降低对环境的负面影响。

1.3 非破坏性评估技术

非破坏性评估技术(NDE)在混凝土结构耐久性评估领域的应用正日益广泛,并取得了令人瞩目的进展。这些技术以其独特的优势,能够在不破坏混凝土结构完整性的基础上,深入揭示其内部的实际状况。这不仅有助于保护结构的完整性,还能为工程师和专家提供准确的评估数据,以便对结构的安全性和耐久性做出科学判断。以一座大型桥梁的维护项目为例,工程师们决定采用非破坏性评估技术来评估桥梁的耐久性。首先,他们选择了超声波检测技术来检查桥梁的混凝土桥墩。工程师们使用超声波设备在桥墩表面发射高频声波,并接收其反射信号。通过分析

声波信号,他们发现某处桥墩存在明显的反射和散射现象,这表明该处存在潜在的裂缝或空洞^[2]。基于这些信息,工程师们进一步确定了裂缝或孔洞的具体位置和范围。接下来,工程师们采用了雷达扫描技术来验证超声波检测的结果。雷达扫描设备成功穿透了混凝土表面,对桥墩内部进行了高分辨率的成像。结果显示,与超声波检测相一致,桥墩内部确实存在一条明显的裂缝和一些小的空洞。此外,雷达扫描还揭示了裂缝和孔洞的具体形态以及钢筋的分布情况,为工程师们提供了更全面的信息。为了进一步验证非破坏性评估技术的准确性,工程师们还采用了红外热成像技术对桥墩进行了检测。在特定时间段内,他们测量了桥墩表面的温度分布,并发现与裂缝和孔洞相对应的区域温度存在明显的差异。这一发现进一步证实了非破坏性评估技术的可靠性。基于以上评估结果,工程师们制定了详细的维护计划,包括修复裂缝、填充空洞和加固钢筋等措施。通过及时采取这些措施,工程师们成功地延长了桥梁的使用寿命,并确保了其安全性和耐久性。这个案例充分展示了非破坏性评估技术在混凝土结构耐久性评估中的实际应用价值。通过结合超声波检测、雷达扫描和红外热成像等多种技术,工程师们能够准确、全面地评估混凝土结构的内部状况,为后续的维护工作提供科学依据。这种无损检测技术不仅能够减少结构损伤的风险,还能提高工作效率,降低成本。随着技术的不断进步,非破坏性评估技术在未来混凝土结构耐久性评估领域的应用将更加广泛。

2 混凝土结构加固技术的最新研究进展

2.1 预应力加固技术

预应力加固技术,作为混凝土结构加固领域的一颗璀璨明星,近年来取得了令人瞩目的进展。这种技术巧妙地在混凝土结构中预先引入一定的应力,这些预应力如同内置的“防御力量”,在结构受到外部荷载作用时,能够主动出击,抵消部分甚至全部的外部荷载,从而极大地增强了结构的承载能力和耐久性。例如,在一城市的一座重要桥梁加固项目中,预应力加固技术发挥了关键作用。这座桥梁因年久失修,部分结构出现了裂缝和损伤,急需进行加固处理。工程师们经过综合考虑,决定采用预应力加固技术来解决这一问题^[3]。在加固过程中,工程师们首先进行了精确的计算,确定了桥梁结构所需引入的预应力大小和方向。然后,他们采用了先进的施工技术和设备,将预应力钢筋精确地安装在桥梁的关键部位。通过张拉预应力钢筋,工程师们成功地在桥梁结构中引入了预应力,形成了强大的“防御力量”。加固完成后,工程师们对桥梁进行了全面的检测和评估。结果显示,预应力加固技术显著提升了桥梁的承载能力和耐久性。桥梁能够承受更大的外部荷载,并且能够更好地抵抗外界环境的侵蚀和破坏。这些改进不仅延长了桥梁的使用寿命,也提高了其安全性和可靠性,为市民的出行提供了更加坚实的保障。这个案例充分展示了预应力加固技术在混凝土结构加固领域的实际应用价值。通过精确计算和合理施工,预应力加固技术能够显著提升结构的整体性能,让老旧结构焕发新生,为人们的生产生活提供更加安全的保障。

2.2 新型加固材料

新型加固材料,作为混凝土结构加固领域的重要创新,正在材料科学进步的推动下展现出巨大的应用潜力。随着科研的不断深入,这些新型材料以其独特的优势,在提升加固效果的同时,也注重了对环境的友好性。例如,在一城市的一座老旧桥梁加固项目中,新型加固材料发挥了关键作用。这座桥梁因长期使用,出现了严重的混凝土剥落和钢筋锈蚀现象,需要进行加固修复。在选定加固方案时,工程师们综合考虑了结构的承载能力、耐久性和环保性,最终决定采用高性能纤维复合材料(FRP)作为加固材料^[4]。加固过程中,工程师们首先将FRP材料粘贴在桥梁的受拉区域,通过预应力技术使其与混凝土紧密结合。FRP材料的轻质高强特性使得桥梁的自重并未显著增加,同时其出色的耐腐蚀性能确保了加固效果的长期稳定性。经过加固处理,桥梁的承载能力得到了显著提升,裂缝和损伤得到了有效修复。另外,工程师们还在桥梁的关键部位引入了纳米材料增强型混凝土。纳米材料的加入使得混凝土的强度和耐久性得到了显著提高,为桥梁提供了更加坚固的保护。这种新型加固材料的组合使用,不仅保证了桥梁加固的效果,也展现了新型材料在环保和可持续发展方面的优势。智能材料的应用也为这座桥梁的加固带来了智能化监测和修复的可能性。通过在桥梁上安装智能传感器,工程师们可以实时监测桥梁的健康状况,一旦发现损伤或缺陷,就能立即采取相应的修复措施。这种智能化的加固方式不仅提高了加固效率,也确保了桥梁在长期使用过程中的安全性和可靠性。

2.3 3D打印技术在加固中的应用

3D打印技术在加固中的应用正逐渐改变着混凝土结构加固领域的面貌。近年来,这一技术的独特优势在加固工程中得到了充分的体现和发挥。例如,在某大型桥梁的加固工程中,3D打印技术发挥了关键作用。这座桥梁因长期使用和自然环境的影响,出现了多处裂缝和损伤,需要进行加固修复。工程师们首先对桥梁进行了详细的扫描和建模,获取了桥梁的精确数据,并据此设计了个性化的加固方案。接下来,利用3D打印技术,工程师们迅速打印出了与桥梁结构紧密贴合的加固件。这些加固件不仅形状精确,而且材料选择和结构设计都经过精心考虑,以确保其轻量化和高强度。与传统加固方法相比,3D打印技术大大减少了施

工过程中的调整和修正工作,提高了加固效果。在施工过程中,3D打印技术的快速施工能力也发挥了重要作用。工程师们利用多台3D打印机同时工作,迅速完成了加固件的打印和安装。这种高效率的施工方式大大缩短了施工周期,降低了人工成本,同时也减少了施工对交通的影响^[5]。另外,工程师们还利用3D打印技术制造了具有自修复功能的加固材料。这些加固材料能够在桥梁受到损伤时自动感知并修复裂缝,提高了桥梁的使用寿命和安全性。这种创新应用展示了3D打印技术在混凝土结构加固领域的巨大潜力。通过这次现场应用案例,可以看到3D打印技术在混凝土结构加固领域的实际应用效果。其高精度、快速施工、材料节约和特殊功能等特点,使得加固工程更加高效、可靠和环保。随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,相信3D打印技术将在未来为混凝土结构加固领域带来更多的创新和突破。

3 结语

混凝土结构耐久性评估与加固技术的研究正不断进步。人工智能的引入提高了耐久性诊断的智能化水平,基于性能的设计方法提供了更为精准的设计依据,非破坏性评估技术则保障了评估过程的无损性。在加固技术方面,预应力加固技术、新型加固材料和3D打印技术的应用,不仅提高了加固效率,还拓展了加固的可能性。这些进展共同推动了混凝土结构耐久性评估与加固技术的创新与发展。

[参考文献]

- [1]李乐,方明山,王俊杰,等.宁波舟山港主通道混凝土结构耐久性评估与维护技术[J].海洋工程,2023,41(04):168-177.
- [2]王锡武.混凝土结构耐久性检测与加固技术[J].四川建材,2022,48(01):4-5+9.
- [3]夏瑜.混凝土结构耐久性加固技术探究[J].四川水泥,2021,(05):11-12.
- [4]鲜荣,李彦兵,代希华.混凝土结构耐久性关键技术——腐蚀环境调研及结构耐久性评估[J].四川建筑,2016,36(01):105-108.
- [5]刘文鹏,叶英华,沈亭.BIM技术在混凝土结构耐久性评估中的应用[J].建筑技术,2012,43(01):79-82.