

混凝土结构耐久性检测方法案例分析

孙 晨

舟山市水运工程检测中心有限公司 浙江 舟山 316000

摘要：混凝土结构耐久性检测对于确保工程结构的安全与延长使用寿命至关重要。本文综述了混凝土结构耐久性检测的重要性，探讨了多种检测方法的原理与应用，包括非破损、半破损、电化学及其他检测方法。通过沿海某集装箱码头和某散货码头耐久性检测的具体案例，分析了检测过程、结果及修复措施的有效性，为混凝土结构耐久性评估提供了实践参考。

关键词：混凝土结构；耐久性；检测方法；案例分析

引 言

混凝土结构作为现代建筑工程的主要形式，其耐久性直接关系到工程结构的安全性与使用寿命。在恶劣环境条件下，如海洋、化工等环境，混凝土结构易受腐蚀、侵蚀等耐久性问题的困扰。因此，开展混凝土结构耐久性检测，及时发现并解决潜在问题，对于确保工程结构的安全稳定具有重要意义。本文将深入探讨混凝土结构耐久性检测的方法与应用，并通过案例分析，为相关工程实践提供参考。

1 混凝土结构耐久性检测的重要性

混凝土结构耐久性检测在建筑工程领域具有至关重要的地位，其重要性体现在多个维度，确保了结构的长期稳定性和安全性。混凝土结构作为现代建筑的核心组成部分，长期承受着各种荷载与环境因素的共同作用。随着时间的推移，这些外部因素，如气候变化、化学侵蚀、物理磨损等，会逐渐影响混凝土的性能，导致其耐久性下降。耐久性检测通过对混凝土材料、构件乃至整体结构的综合评估，能及时发现潜在的性能退化问题，如裂缝扩展、钢筋锈蚀、保护层剥落等，为结构维护和修复提供科学依据。这有助于避免突发性结构失效导致的安全事故，还能延长混凝土结构的服役寿命，减少因频繁维修或重建带来的经济损失。从更深层次来看，混凝土结构耐久性检测也是保障工程质量、提升建筑可持续性的重要手段。通过精确的耐久性评估，在设计阶段就优化材料选择、结构设计及施工工艺，从源头上提升混凝土的耐久性。耐久性检测还能为既有建筑的性能评估、加固改造提供关键数据支持，促进建筑资源的合理利用，减少对环境的影响。因此，混凝土结构耐久性检测是确保结构安全、延长使用寿命的必要措施，也是推动建筑工程技术进步、实现可持续发展目标的重要途径。随着科技的进步和检测手段的完善，未来的混凝土

结构耐久性检测将更加精准、高效，为建筑工程的质量控制和运维提供更加坚实的保障。

2 混凝土结构耐久性检测方法原理与应用

2.1 非破损检测方法

(1) 回弹法利用回弹仪对混凝土表面施加冲击，重锤回弹高度所对应的回弹值与混凝土表面硬度存在关联，而混凝土表面硬度又在一定程度上反映其抗压强度。依据大量试验数据得出的回弹值与强度的关系曲线，就能对混凝土强度进行推定，间接评估结构耐久性。该方法简便快捷，可大面积快速检测且不会破坏结构，但混凝土表面的碳化、疏松层以及不平整等因素会干扰检测结果，对于高强混凝土和受损严重结构检测精度有限。(2) 超声法是根据超声波在混凝土中的传播特性来判断内部情况。超声波在传播过程中，遇到不同介质界面如孔隙、裂缝等，其传播速度、振幅和频率会发生改变。通过精确测量这些声学参数，能推断混凝土内部的密实度、是否存在缺陷以及强度状况，对结构耐久性作出评价。此方法可检测混凝土内部深处，对结构损伤较为敏感，不过混凝土原材料的差异、配合比的变化以及龄期的不同都会对超声波传播产生影响，导致检测结果出现偏差。(3) 超声-回弹综合法结合了回弹法和超声法的优势。它基于大量试验构建超声声速、回弹值与混凝土强度的多元回归方程，在检测时同时获取回弹值与超声声速并代入方程计算。这样有效弥补单一方法的不足，降低误差，提高对混凝土结构耐久性评估的准确性和可靠性，但对检测人员的技术与数据处理能力有较高要求，要其熟练掌握两种检测技术并能正确处理数据^[1]。

2.2 半破损检测方法

钻芯法通过采用专用钻机在混凝土结构上钻取芯样，这一过程直接揭示了混凝土内部的实际情况。通过对芯样进行抗压强度试验、外观检查以及微观分析等，

精确获取混凝土的实际强度、密实度、骨料分布等关键信息,准确评估混凝土结构的耐久性。钻芯法的优势在于其检测结果直观、准确,能够真实反映混凝土结构内部的性能状态,为结构维护和加固提供可靠依据。然而,该方法会对结构造成局部损伤,且芯样数量有限,无法全面代表整个结构的特性,因此在实际应用中需谨慎选择检测位置,确保检测结果的代表性。在混凝土桥墩强度检测、混凝土路面病害诊断等工程中,钻芯法被广泛应用,有效揭示了结构内部的强度变化和病害原因。拔出法则通过在混凝土结构表面埋设锚固件,然后施加拔出力,测定混凝土与锚固件之间的极限拔出力,以此推定混凝土强度,评估混凝土结构的耐久性。拔出法检测速度较快,对结构损伤相对较小,适合用于现场快速检测。然而,拔出试验结果受多种因素影响,如锚固件类型、埋设深度、混凝土表面状态等,因此在实际应用中需严格控制试验条件,确保检测结果的准确性。在混凝土预制构件的质量控制、既有混凝土结构的现场检测等方面,拔出法得到了广泛应用,为混凝土结构的质量评估提供了有力支持^[2]。

2.3 电化学检测方法

(1) 混凝土碱性环境里,钢筋表面形成钝化膜,锈蚀时电位发生改变。利用半电池电位仪,将参比电极置于混凝土表面,测量钢筋与参比电极间电位差。一般来说,电位越负,钢筋锈蚀可能性越大。其优点是能迅速对大面积钢筋锈蚀状况进行普查,且不损伤混凝土结构。但它受外界因素干扰明显,像混凝土的干湿程度、电阻率变化以及杂散电流等,都会使测量电位产生偏差,影响对钢筋锈蚀程度的准确判断。在实际应用于桥梁、码头等结构时,要多测点位取平均值以减少误差。

(2) 线性极化电阻法是通过在钢筋施加微小极化电流,测定其极化电阻。钢筋锈蚀会使极化电阻改变,根据两者间定量关系,可计算出钢筋锈蚀速率。该方法能精确得到锈蚀速率数值,在锈蚀初期就能察觉异常,灵敏度高。不过,其检测设备价格昂贵且操作复杂,要专业人员操作与维护。混凝土自身特性如化学成分、孔隙结构以及所处环境的温湿度、酸碱度等,都会对测量结果造成较大影响。在大型建筑物和地下结构耐久性监测中,要经常校准设备,同时结合环境监测数据对结果进行修正。(3) 电化学阻抗谱法借助对混凝土结构施加交流激励信号,测量体系的电化学阻抗谱。不同频率下的阻抗谱包含丰富信息,如混凝土孔隙结构变化、钢筋锈蚀产物积累等都能反映在阻抗谱特征参数上。通过分析这些参数,可全面了解混凝土结构内部微观变化和钢筋锈蚀

全貌,准确评估耐久性。但此方法的数据处理和分析极为复杂,需具备深厚电化学专业知识和专门软件才能进行有效解读,常用于科研实验和复杂环境下重要混凝土结构的耐久性深度评估中。

2.4 其他检测方法

红外线热像检测法基于混凝土结构表面温度分布的不均衡性开展检测工作。借助红外线热像仪对热像图的精准捕捉,依据图中所呈现出的温度异常之处,精准探测到混凝土内部诸如空洞、裂缝以及渗漏等缺陷或损伤情况,对结构的耐久性进行有效评估。此方法具有显著的非接触式、大面积快速检测优势,极为直观地呈现出混凝土表面的温度场分布态势。其检测精度与可靠性易受外界多种因素的干扰,如环境温度的波动、风速的大小以及检测距离的远近等,并且在深层缺陷的检测能力方面存在一定的局限性。在混凝土屋面防水检测以及墙体保温性能检测等实际应用场景中,该方法得到了较为广泛的运用,通过合理优化检测时间、改善检测条件,并充分结合环境因素进行校正处理,有效提升其检测精度与可靠性。雷达检测法主要依据高频电磁波在混凝土中的传播特性来实施检测。通过对反射波信号的接收与深入分析,得以清晰地掌握混凝土内部的结构特征以及缺陷分布状况。该方法具有检测速度快、分辨率高的突出特点,能顺利穿透一定厚度的混凝土,对于混凝土内部钢筋分布情况以及深层缺陷的检测成效显著。不过,其检测结果会受到混凝土含水量、钢筋间距等因素的较大影响,并且在数据解释环节需要具备丰富的实践经验以及深厚的专业知识储备。在混凝土桥梁与路面检测里,雷达检测法优势尽显。经科学优化参数,选合适频率,强信号滤波处理,精准确度大幅跃升,有力支撑混凝土结构耐久性检测,保障工程质量与寿命^[3]。

3 混凝土结构耐久性检测案例分析

3.1 沿海某集装箱码头耐久性检测案例

(1) 对码头的外观进行全面且细致的检查是此次检测的重要开端。在码头前沿,发现部分混凝土面板存在裂缝,其宽度处于 0.2 - 1.5mm 之间,且一些裂缝呈现出不断发展的态势;受潮水涨落显著影响的区域,混凝土表面剥落情况明显,剥落深度可达 2 - 5cm。这些外观上的缺陷直观地反映出码头在长期使用过程中遭受的损害,为后续检测指明了重点关注区域。(2) 运用回弹法与超声回弹综合法对混凝土强度展开检测。回弹法依据混凝土表面回弹值来初步推断其抗压强度,而超声回弹综合法通过结合超声波在混凝土中的传播速度和回弹值,有效提升了检测结果的精准确度与可靠性。经检测,

部分区域混凝土强度低于设计强度等级,尤其在海水侵蚀严重之处,强度下降更为突出。对于钢筋锈蚀状况,采用半电池电位法和混凝土电阻率测试法。半电池电位法借助测量钢筋与混凝土间的电位差判断钢筋锈蚀概率,混凝土电阻率测试法则从侧面评估混凝土内部导电性能,进而反映钢筋锈蚀风险。检测结果显示,在水位变动区和浪溅区,钢筋锈蚀电位异常,部分钢筋已严重锈蚀,锈蚀产物致使混凝土保护层破裂、剥落,形成恶性循环,加快了钢筋的锈蚀速度。(3)采用酚酞试剂法对混凝土的碳化深度进行测定。在混凝土表面钻孔取粉后滴入酚酞试剂,依据颜色变化明确碳化深度。结果表明,码头部分区域的混凝土碳化深度已接近或超出钢筋保护层厚度,这使得钢筋所处的碱性环境遭到破坏,增加了钢筋锈蚀的可能性,对码头结构的耐久性构成了严重威胁。

3.2 沿海某散货码头耐久性修复后检测案例

沿海某散货码头在完成耐久性修复工程后,接受了全面的检测评估以验证修复效果。修复前,该码头面临混凝土裂缝、钢筋锈蚀等耐久性问题,严重威胁着结构的安全与稳定。修复工作包括对破损混凝土进行凿除与重新浇筑,采用先进的防腐涂层对钢筋进行保护,以及在混凝土表面涂刷高性能防护涂料,以增强其耐久性。经过修复,码头的外观显著改善,混凝土表面平整光滑,无明显裂缝和剥落现象,修复部位与原结构结合紧密,颜色协调一致。通过回弹法和超声回弹综合法检测,修复后的混凝土强度完全满足设计要求,且强度分布均匀,这充分证明了修复过程中混凝土浇筑质量的严格控制;钢筋锈蚀情况的检测也传来好消息,半电池电位法和混凝土电阻率测试结果显示,钢筋锈蚀电位处于正常范围,混凝土电阻率也符合耐久性要求,表明修复

措施有效阻止了钢筋的锈蚀,为码头结构的长期稳定提供了有力保障。碳化深度检测结果显示,修复后的混凝土碳化深度显著减小,碳化速度得到有效控制,这得益于修复材料的选择和施工工艺的改进,使得混凝土的密实性和抗碳化性能大幅提升。这些实际案例向我们发出了深刻的警示:在面临恶劣海洋环境的严峻挑战下,沿海地区的混凝土结构亟需我们采取全面且有效的防护措施;为了确保这些结构能够长期保持耐久性和安全性,我们必须定期进行专业的检测与维护工作。这样,我们才能延长它们的使用寿命,并大幅度降低维修成本以及潜在的安全风险,为沿海地区的可持续发展提供坚实保障^[4]。

结束语

综上所述,混凝土结构耐久性检测是确保工程结构安全与延长使用寿命的关键环节。通过本文的探讨,我们了解了多种检测方法的原理与应用,以及它们在沿海码头等工程实践中的应用效果。展望未来,随着检测技术的不断突破与持续创新,我们满怀信心地期待能够实现混凝土结构耐久性的更为精准且全面的评估,从而为各类工程结构的安全稳定提供更为坚实可靠的保障与支持,助力工程领域的长远发展。

参考文献

- [1]孙银洁.混凝土结构工程检测鉴定及裂缝成因探究[J].工程技术研究,2024,6(3):22-24.
- [2]冯传奇.非破坏性检测技术在混凝土施工中的应用与优化[J].建筑工程与设计,2024,3(4):77-79.
- [3]胡杰,唐坤,纪鹏远.既有混凝土结构耐久性检测方法综述[J].工程质量,2023,41(5):11-15.
- [4]杨意,白亚琼,李琪,等.关于既有混凝土结构耐久性评定方法的研究[J].工程质量,2024,42(7):26-30.