

公路混凝土材料耐久性提升技术研究

林双林

安徽建工水利开发投资集团有限公司 安徽 蚌埠 233000

摘要：公路混凝土材料在长时间面临环境侵蚀、荷载施加等诸多因素的作用下，很容易产生老化、破损类问题，使公路的使用时长以及通行的安全程度有所降低。在本篇文章中，清晰地限定了公路混凝土材料耐久性的核心意义，深入地分析了导致其性能出现衰减的关键影响要素，全面且系统地整理了从材料优化、施工管控、养护加强等着手的耐久性提升技术，并且配套建立起全流程的保障机制。目的在于增强公路混凝土材料抵抗侵蚀、抵御老化的能力，让公路能更长时间地处于服役状态，减少运维过程中产生的成本，为公路工程质量管理提供理论上的参考依据以及实践层面的引导。

关键词：公路混凝土；耐久性；提升技术；性能优化

引言：

现阶段，提升公路混凝土耐久性存在技术适配度不够、全过程管控欠缺等问题，对提升的实际成效形成制约。本文着重关注公路混凝土材料耐久性的提升技术，对影响其耐久性的各类因素予以拆解分析，对其中的关键技术进行系统梳理，并提出相应的保障举措。为公路工程达成高质量建设目标提供有力支撑。

一、核心认知与提升价值

（一）核心概念界定

公路混凝土材料具备的耐久性指的是，在公路的服役环境中，混凝土拥有抵抗荷载作用以及环境侵蚀类外部因素的能力，能让自身结构的完整性以及使用功能的稳定性得以维持，其核心特质体现为抗渗的性能、抗冻的性能、抗碳化的性能、抗化学侵蚀的性能等。该材料耐久性的衰减过程，实际上是材料内部结构和外部环境长时间相互作用后产生的结果，这一过程呈现出强度有所下降、表面出现破损、裂缝逐渐扩展等状态，并且会对公路的路基、路面、桥梁等构件的服役安全产生直接的影响。

（二）耐久性提升价值

在工程领域通过增强混凝土的耐久性，能使公路的服役期限得以延长，同时减少裂缝、破损类病害的出现，降低维修养护的频次和费用，使公路工程的整体质量得到提升。安全角度，其可以防止由于混凝土耐久性欠佳而导致的路面塌陷、桥梁损坏等安全风险，确保车辆能安全通行。经济层面，能削减公路重建以及大规模修缮的资金投入，降低整个生命周期内的运维成本，达成工程经济效益的最大化。社会范畴内，能显著提升公路的车辆通行效率，有效减少由于道路病害维修引发的交通堵塞问题，为

社会大众的日常出行提供切实可靠的保障，有力推动交通基础设施朝着高质量方向发展。

二、公路混凝土材料耐久性影响因素分析

（一）材料层面影响因素

混凝土耐久性的基础取决于原材料质量，若水泥的强度等级未达标准、安定性不符合要求，容易造成混凝土内部结构变得松散，致使其抗侵蚀的能力降低；若骨料的级配缺乏合理性、含泥量超出正常水平，会使混凝土的密实程度降低，孔隙的比例增加，提高水分以及有害物质渗透的可能性；若外加剂的选择不恰当，例如缓凝剂、防冻剂的性能超过规定范围时，会引起混凝土收缩，并出现裂缝，加快耐久性的减退。

（二）环境层面影响因素

环境侵蚀是致使混凝土耐久性出现衰减问题的首要外部缘由。物理侵蚀层面，温度的变动会引发混凝土呈现热胀冷缩的现象，经过反复的作用，会产生温度裂缝；冻融循环会让混凝土内部的水分结成冰并膨胀，对内部结构造成破坏，最终导致表面出现剥落的问题，强度随之下降；雨水的冲刷、风力的侵蚀会对混凝土表面进行磨损，使表层的密实度降低。化学侵蚀角度，工业区域酸碱溶液、氯离子类具有危害性质的物质，会渗透进入混凝土内部，与水

泥水化后的产物发生反应，破坏结构的完整程度。

（三）施工层面影响因素

若施工管控未达合理状态，便会致使混凝土耐久性下降。搅拌阶段，原材料计量产生一定偏差，且搅拌时长不够充分，会使混凝土的匀质性处于较差水平，其内部存在一些相对薄弱的区域；于筑阶段，振捣作业未能达到密实程度，会产生蜂窝、麻面类的缺陷问题，使孔隙率有所增加；养护阶段，养护工作未能及时开展，并且养护的时间不够充足，会造成混凝土中的水分过快流失，产生干缩裂缝，使强度以及抗渗性出现降低。

（四）运维层面影响因素

公路运维管理的缺失会促使混凝土耐久性进一步降低。日常巡检中，若未能做到全面细致，难以在第一时间察觉混凝土出现的细微裂缝、表面破损类早期病害问题，使病害不断蔓延；当维修保养工作不能及时开展时，轻微的破损无法得到切实有效的处理，渐渐会演变成严重的病害；若养护方式缺乏合理性，如过度运用化学修补材料，会对混凝土造成二次侵蚀让混凝土的整体耐久性下降。

三、公路混凝土材料耐久性核心提升技术

（一）材料优化提升技术

对原材料进行改良，是增强混凝土耐久性的根基所在，挑选具备较高强度等级、稳定性极佳的硅酸盐水泥或者普通硅酸盐水泥，可提高胶凝材料的性能；对骨料的级配加以优化，选用连续级配的骨料，把含泥量控制在规定的范围之内，可增强混凝土的密实程度；添加质量上乘的矿物掺合料，像粉煤灰、矿粉、硅灰等硅灰，能填充水泥水化产物之间的空隙，让内部结构变得更加紧密；矿粉可以改善骨料界面过渡区的性能，当三者混合添加时，总添加量不能超过胶凝材料总量的50%，可以同时兼顾耐久性和工作性能。

在进行配合比优化时，要把耐久性当作核心要点，对水胶比予以严格把控，依据不同的服役环境对参数作出调整。在干旱且降水稀少的区域，要把水胶比控制在不超过0.45的范围；在寒冷且有冻融现象的区域，需让水胶比不高于0.40。合理地明确胶凝材料的使用量，保证混凝土的强度以及密实程度。掺入适量的引气剂，引入微小的气泡，增强混凝土的抗冻能力与抗渗透性能。

（二）施工管控提升技术

在搅拌流程中，应当着重加强质量管控工作，采用具备自动化功能的计量装置，保证原材料的计量误差与相关规范契合。其中，水泥以及骨料的计量误差不得超出正负

百分之二，外加剂的计量误差不得超出正负百分之一。搅拌时间的控制上，要依据混凝土的坍落度问题，将其调整至九十秒到一百二十秒的区间，确保搅拌能达到均匀的效果。对搅拌用水的温度，进行严格把控。夏季时，水温不应高于三十五摄氏度；冬季时，水温不应低于五摄氏度。防止因水温过高或者过低对混凝土的性能产生不良影响。在进行浇筑环节时，要让施工流程符合规范，要求在分层浇筑时，每一层的浇筑厚度控制在不超过50厘米的范围内。对分层振捣工作，使用插入式振捣器，振捣的半径需要把把控在30到40厘米之间，持续振捣，直至混凝土表面出现泛浆的现象，并且没有气泡从表面冒出，防止出现蜂窝、麻面类的质量缺陷。浇筑工作全部结束后，马上对混凝土的表面进行抹平处理，降低收缩裂缝出现的可能性。

在养护阶段，需开展精细化的操作。完成混凝土浇筑后的12小时内，要用保湿材料加以覆盖。若处于夏季，需进一步强化洒水操作来降低温度；若处于冬季，要采取相应的保温办法。把养护的时长予以延长。对普通混凝土养护时间，不能少于7天；对于高性能混凝土养护时间，不能少于14天。保证混凝土能得到充分的水化。在施工过程中，要加强质量检测工作，针对混凝土的坍落度、强度等相关指标，进行实时的监测，一旦发现混凝土不合格，绝对禁止投入使用。

（三）养护强化提升技术

日常养护工作需要构建常态化的巡检体系，按照一定的周期检查混凝土表面的问题、裂缝的宽度等问题。运用裂缝宽度仪进行精确的检测，及时察觉早期出现的病害，可以通过保湿养护、涂抹新型高分子养护剂等途径开展养护工作，养护剂能形成具有透气保湿功能的薄膜，其养护的效率相较于传统的洒水养护方式提高了40%，能有效地保持混凝土的湿度，减缓混凝土碳化的速率。对不同类型的病害，采用具有针对性的养护技术。当出现轻微裂缝时，采用表面封闭的方法，涂抹环氧树脂浆液，进行封闭处理；当裂缝宽度超过0.3毫米时，采用压力注浆的方法进行填充修补，将注浆的压力把把控在0.3~0.5MPa的范围内，保证浆液能完全填满裂缝，让混凝土结构恢复完整。

（四）修复补强提升技术

对已然出现损坏问题的混凝土构件，运用修复加固技术增强其耐久性能。当进行混凝土构件表面损坏修复之际，采用聚合物水泥砂浆开展修补工作。第一步，对损坏区域予以全面清理，接着，涂刷具有连接作用的界面剂，随后，填入修补材料，并且用力压平抹匀，进行护理保养，

直至达到设计规定的强度标准。一旦出现深度损坏或者强度不达标时,借助外包钢筋网、粘贴碳纤维布类途径进行加固,提高结构的承载能力与耐久性能。针对钢筋出现锈蚀的区域,先把已经锈蚀的钢筋清理掉,再涂刷具有防止生锈功能的防锈剂后,使用修补材料进行填充操作,让混凝土与钢筋重新具备协同作业的性能。

运用新型的修复材料增强修复成效。选取像环氧树脂基修补材料、聚合物改性混凝土类材料,强化修补部位的抗侵蚀能力以及粘结能力。与普通的修补材料相比,聚合物改性混凝土的抗压强度提升了超过30%。引入智能化的修复技术,采用具备自修复功能的混凝土材料,通过添加微生物孢子以及营养载体,在裂缝出现时,孢子遇到水会被激活并进行代谢,产生碳酸钙,达成裂缝的自主愈合。其愈合效率能达到80%以上,适用于处理隐蔽性的裂缝^[1]。

四、公路混凝土材料耐久性提升策略

(一) 制度标准优化策略

对公路混凝土耐久性相关的制度标准予以优化和完善,拟定原材料质量、施工管控、养护维修等环节的专门性技术规范,清晰界定耐久性的核心指标以及验收要求;对质量责任体系加以细致,把耐久性提升的责任拆分到各个岗位、各个环节,保证管控要求能切实落地执行;构建动态优化机制,结合服役环境的改变、技术的迭代与升级,及时对制度标准的内容作出调整,增强适配性和针对性^[2]。

(二) 技术创新支撑策略

着重关注技术创新突破,增加在高性能混凝土、新型修复材料、智能养护技术等相关领域的研发资金投入力度,攻克耐久性提升关键核心技术面临的瓶颈难题;促使数字化与耐久性管控实现更为深入的融合,借助大数据、物联网等先进技术搭建能实时进行监测的平台,达成病害的精准预警、高效处理以及动态化管控;构建“产学研用”相互协同的创新机制,推动施工企业和科研机构、高校之间进行联动合作,加快技术成果的转化与实际应用进程;加强技术推广和培训工作,广泛普及先进的工艺以及与之相

适配的技术,增强从业人员对技术的应用能力,凭借技术创新推动耐久性的提升。

(三) 专业人才培养策略

打造“培育-引进-提升”一体化的人才培育架构,着重培育同时具备材料专业知识以及工程实际操作能力的综合型人才。对学校和企业合作的培育模式,予以优化,开设和公路混凝土耐久性有关联的课程,有针对性地输送专业技术人才;展开具有常态化特点的在职培训,培训内容涵盖原材料检测、施工管控、病害修复等关键技能,提高现有从业人员的专业素养;加快高端人才引进的速度,吸引材料研发、耐久性评估等领域的优秀人才,填补人才不足^[3]。

(四) 全流程质量管控策略

搭建涵盖“原材料、施工、养护、维修”整个流程的质量把控体系,达成各个环节的闭环式管控。在原材料采购环节中,切实严格地执行进场检测制度,防止不合格的材料进入工程;施工环节,对搅拌、浇筑、振捣、养护等工序开展强化性的实时监测,保证施工参数与规范要求相符;养护维修环节,设立常态化巡检以及病害分级处置的机制,使养护维修的质量获得提升;引入具备专业能力的第三方检测评估机构,保障管控工作的公正性以及权威性。

五、结论

对公路混凝土材料耐久性予以提升,是确保公路工程质量以及服役安全性的关键做法。材料耐久性的衰减会受到材料特性、环境状况、施工水平、运维措施等诸多因素的作用,需要借助系统性的技术方法以及全流程的策略管控加以解决。对原材料进行优化、强化施工过程管控、升级养护技术、创新修复补强手段等核心技术,能切实增强混凝土的抗渗能力、抗冻能力、抗侵蚀能力等性能。配套施行制度标准的优化、技术创新的支撑等提升策略,能保证相关技术得以有效落实并产生实际效果。未来,需要始终如一地深入推进技术革新创造,促使数字化、智能化的技术和耐久性管控实现融合,为交通基础设施达成高质量的发展给予坚实有力的支撑。

参考文献:

[1]杨州会.如何加强控制混凝土保护层厚度施工方法浅析[J].城市情报,2023(18):0187-0189.

[2]陆伟.建筑材料耐久性能的提升策略研究[J].居舍,2024,(24):51-53.

[3]房颖博.土木工程施工中混凝土材料的耐久性分析[J].居舍,2024,(20):24-26.