

Application and durability analysis of self-healing concrete in civil engineering

Xiaoyi Zhang

Guangxi LVFA Fangchenggang Investment Co., Ltd., Fangchenggang, Guangxi, 538000, China

Abstract

As a new type of intelligent material, self-healing concrete has the ability to automatically repair cracks after the formation of cracks, which is expected to improve the durability and safety of concrete structures. This paper analyzes the principle and characteristics of self-healing concrete and its application prospect in civil engineering. The key factors affecting the durability of self-healing concrete, such as material composition, construction technology and environmental factors, are discussed. The durability performance of self-healing concrete in practical engineering is verified by field application cases. The results show that self-healing concrete has the potential to significantly improve the durability of concrete structures, and is expected to become a new type of green building material in civil engineering in the future. At the same time, according to the preparation and application of self-healing concrete, the corresponding optimization strategy is put forward to provide reference for civil engineering field.

Keywords

self-healing concrete; Civil engineering; Apply; durability

自愈合混凝土在土木工程中的应用及其耐久性分析

张晓燊

广西旅发防城港投资有限公司, 中国·广西 防城港 538000

摘 要

自愈合混凝土作为一种新型智能材料, 具有在裂缝形成后自动修复裂缝的能力, 有望提高混凝土结构的耐久性和安全性。本文分析了自愈合混凝土的原理和特点, 以及其在土木工程中的应用前景; 探讨了影响自愈合混凝土耐久性的关键因素, 如材料组成、施工工艺和环境因素等; 通过现场应用案例, 验证自愈合混凝土在实际工程中的耐久性表现。研究结论表明, 自愈合混凝土具有显著提高混凝土结构耐久性的潜力, 有望成为未来土木工程中新型绿色建筑材料。同时, 针对自愈合混凝土的制备和应用, 提出相应的优化策略, 为土木工程领域提供参考。

关键词

自愈合混凝土; 土木工程; 应用; 耐久性

1 引言

随着城市化进程的加快和建筑技术的不断进步, 土木工程领域对建筑材料的要求越来越高。混凝土作为土木工程中最常用的建筑材料, 其耐久性直接关系到建筑物的使用寿命和安全性。然而, 传统混凝土在恶劣环境条件下容易产生裂缝, 导致结构性能下降和寿命缩短。近年来, 自愈合混凝土作为一种新型建筑材料, 因其能够自动修复裂缝、提高结构耐久性而受到广泛关注。本研究旨在探讨自愈合混凝土在土木工程中的应用及其耐久性, 以期为我国土木工程领域的发展提供参考。

2 自愈合混凝土的基本原理与类型

自愈合混凝土是指在受到损伤或裂缝发生时, 能够自动修复自身缺陷并恢复原有性能的一种新型混凝土材料。自愈合混凝土具有优良的耐久性、可靠性和安全性, 是现代建筑材料研究的重要方向。自愈合混凝土的修复机制主要包括以下几种: (1) 微生物诱导碳酸钙沉淀: 通过在混凝土中引入微生物, 使其在裂缝处产生碳酸钙沉淀, 填补裂缝, 恢复混凝土的完整性。(2) 微胶囊技术: 在混凝土中嵌入含有修复剂的微胶囊, 当混凝土出现裂缝时, 微胶囊破裂释放修复剂, 与混凝土中的水分、二氧化碳等物质反应, 生成新的固体材料, 填补裂缝。(3) 中空纤维技术: 将中空纤维嵌入混凝土中, 裂缝产生时, 中空纤维内的修复材料与混凝土中的水分、二氧化碳等物质反应, 生成新的固体材料, 填补裂缝。

【作者简介】张晓燊 (1993-), 男, 中国河北涿州人, 本科, 从事市政工程研究。

3 自愈合混凝土在土木工程中的应用

3.1 在建筑结构中的应用

自愈合混凝土在建筑结构中的应用包括梁、柱、板等构件。设计阶段，对建筑结构进行初步设计，确定梁、柱、板等构件的尺寸、形状和材料。考虑自愈合混凝土的特性，对构件的设计进行优化，提高其抗裂性能和耐久性^[1]。材料选择与制备阶段，选择具有自愈合性能的混凝土材料，如添加自愈合剂、纤维等。按照设计要求，制备符合性能要求的自愈合混凝土。

施工阶段阶段，按照设计图纸进行施工，确保构件的尺寸、形状和位置准确。在施工过程中，严格控制混凝土的浇筑、振捣和养护，保证混凝土质量。对于梁、柱、板等构件的连接部位，采取适当的连接方式，确保连接牢固。养护与监测阶段，在混凝土浇筑完成后，按照养护要求进行养护，保证混凝土强度和性能。对构件进行定期监测，了解其性能变化，如裂缝宽度、变形等。如发现裂缝等缺陷，及时采取修补措施，确保构件的完整性。使用与维护阶段，在建筑结构使用过程中，定期对自愈合混凝土构件进行维护，如清洗、涂装等。针对裂缝等缺陷，及时采取修补措施，确保构件的性能和安全性。定期对建筑结构进行检测，评估自愈合混凝土构件的长期性能。评估与优化阶段，对自愈合混凝土构件的性能进行评估，包括抗裂性能、耐久性等。根据评估结果，对设计、施工、养护等方面进行优化，提高自愈合混凝土构件的性能。持续关注自愈合混凝土技术的发展，不断改进和应用新技术。

本项目为大型商业综合体，其中包含多个建筑结构梁，由于施工环境复杂，混凝土结构容易受到外界环境因素影响，如温度、湿度变化等，导致裂缝产生。为了提高结构的安全性和耐久性，本项目采用了自愈合混凝土技术。当混凝土内部出现微裂缝时，自愈合材料能够自动填充裂缝，恢复混凝土的完整性。自愈合混凝土的力学性能与普通混凝土相当，甚至更优。自愈合混凝土能够有效抵抗外界环境的影响，提高结构的耐久性。如表1所示，自愈合混凝土在裂缝修复方面具有明显优势，裂缝宽度减小，提高了结构的完整性。自愈合混凝土的抗压强度略高于普通混凝土，表明其力学性能良好。自愈合混凝土的耐久性较好，能够有效抵抗外界环境的影响，延长结构的使用寿命。本项目采用自愈合混凝土技术，有效提高了建筑结构梁的安全性和耐久性。

表1 案例综合体项目自愈合混凝土应用效果评估

项目指标	普通混凝土	自愈合混凝土
裂缝宽度	0.2mm	0.1mm
抗压强度	50MPa	55MPa
耐久性	一般	较好
耐温性	一般	较好

3.2 在桥梁工程中的应用

设计阶段，根据桥梁工程的具体需求和设计规范，确定自愈合混凝土的应用范围和结构形式。对自愈合混凝土的性能指标进行评估，如抗压强度、抗折强度、抗渗性能、自愈合能力等，确保满足工程要求^[2]。设计自愈合混凝土的配合比，包括水泥、掺合料、外加剂、细骨料、粗骨料等原材料的选择和比例。材料准备阶段，选择符合设计要求的自愈合混凝土原材料，包括水泥、掺合料、外加剂、细骨料、粗骨料等。对原材料进行检测，确保其质量符合国家标准和工程要求。按照设计配合比，准确称量原材料，进行搅拌和制备自愈合混凝土。

施工阶段，在施工现场进行自愈合混凝土的浇筑，确保施工质量。在浇筑过程中，注意控制混凝土的振捣密实，避免出现蜂窝、麻面等缺陷。在浇筑完成后，按照规范要求要求进行养护，确保混凝土强度和耐久性能。质量检测与评估阶段，对自愈合混凝土进行质量检测，包括抗压强度、抗折强度、抗渗性能、自愈合能力等指标。对桥梁结构进行长期观测，评估自愈合混凝土在实际工程中的应用效果。根据检测和评估结果，对自愈合混凝土的性能和施工工艺进行优化和改进。

某高速公路桥梁全长2.5公里，主桥为连续刚构桥，主跨160米。在桥梁施工过程中，为确保桥梁结构的安全性和耐久性，采用了自愈合混凝土技术。项目部在主梁混凝土中添加自愈合材料，当混凝土出现裂缝时，自愈合材料能够自行修复裂缝，提高桥梁结构的耐久性。桥面板采用自愈合混凝土，能有效防止裂缝的产生和扩大，提高桥面板的使用寿命。伸缩缝是桥梁工程中的易损部位，采用自愈合混凝土填充伸缩缝，能够有效防止裂缝的产生，提高伸缩缝的耐久性。项目提高了桥梁结构的耐久性，降低了维护成本。降低了桥梁结构裂缝的产生，提高了桥梁的安全性。缩短了施工周期，提高了施工效率。自愈合混凝土技术在桥梁工程中的应用，为提高桥梁结构的安全性和耐久性提供了新的途径。

3.3 在地下工程中的应用

自愈合混凝土在在地下工程中的应用主要包括隧道、地下室等防水和抗渗方面。首先，根据地下工程的具体需求，如地质条件、地下水位、施工环境等，选择合适的自愈合混凝土材料。然后，结合工程特点，制定详细的施工方案。按照设计方案，准备所需的自愈合混凝土材料，包括水泥、砂、石、外加剂、纤维等。同时，确保材料质量符合国家标准^[3]。按照配合比，将水泥、砂、石、外加剂等原材料进行搅拌，制备自愈合混凝土。在搅拌过程中，注意控制搅拌时间和搅拌速度，确保混凝土质量。将制备好的自愈合混凝土运输至施工现场，按照设计要求进行浇筑。浇筑过程中，注意保持混凝土的均匀性，确保施工质量。混凝土浇筑完成后，按照养护要求进行养护。养护期间，注意保持混凝土表面的湿润，

避免水分蒸发过快,影响自愈合效果。在混凝土养护期间,对自愈合混凝土进行质量检测,如抗压强度、抗渗性能等,确保混凝土质量达到设计要求。根据实际情况,对自愈合混凝土结构进行后期维护,如裂缝修补、表面处理等,确保工程长期稳定运行。

某城市地铁隧道工程隧道长度 10km, 结构形式采用单洞双线, 断面尺寸为 10.5m×8.5m。混凝土配合比设计方面, 水泥 P.O 42.5 级普通硅酸盐水泥, 砂包括中砂, 细度模数 2.5-3.0, 石子为 5-25mm 连续级配碎石, 粉煤灰选用 I 级粉煤灰, 自愈合材料包括自愈合混凝土添加剂, 水泥用量 400kg/m³, 砂用量 680kg/m³, 石子用量 1270kg/m³, 粉煤灰用量 80kg/m³, 自愈合材料用量 5kg/m³。施工工艺方面, 采用泵送浇筑, 确保混凝土密实度采用插入式振捣器进行振捣, 确保混凝土无气泡、无蜂窝采用湿养护, 保持混凝土湿润, 养护时间不少于 28 天。结果如表 2 所示, 自愈合混凝土在抗压强度、抗折强度、耐久性和自修复能力方面均优于传统混凝土。自愈合混凝土在隧道工程中的应用, 有效提高了隧道的施工质量和安全性能, 降低了后期维护成本。

表 2 案例隧道项目自愈合混凝土应用效果评估

指标	自愈合混凝土	传统混凝土
抗压强度 (MPa)	50.3	49.2
抗折强度 (MPa)	7.6	7.2
抗渗等级	P6	P4
初始裂缝宽度	0.1mm	0.3mm
3 个月后裂缝宽度	0.02mm	0.1mm

4 影响自愈合混凝土耐久性的因素及控制策略

4.1 原材料

自愈合混凝土的耐久性首先取决于其原材料的质量。主要原材料包括水泥、细骨料、粗骨料、水、外加剂和矿物掺合料等。水泥是混凝土的主要胶凝材料, 其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。应选择符合国家标准的水泥, 确保其具有良好的水化性能和耐久性。细骨料主要提供混凝土的密实度和稳定性。应选用质地坚硬、颗粒均匀、粒径分布合理的细骨料, 以提高混凝土的耐久性^[4]。粗骨料是混凝土的主要骨架材料, 其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。应选用质地坚硬、颗粒均匀、粒径分布合理的粗骨料。水是混凝土水化的必要条件, 其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。应选用清洁、无污染的水。外加剂可改善混凝土的工作性能和耐久性。应选用符合国家标准的外加剂, 并严格按照

说明书进行掺量控制。矿物掺合料可提高混凝土的耐久性, 降低成本。应选用优质矿物掺合料, 并合理掺量。

4.2 配合比

混凝土的配合比对自愈合混凝土的耐久性具有重要影响。水泥用量过多会导致混凝土的收缩增大, 从而降低耐久性。应合理控制水泥用量, 以保持混凝土的密实度和耐久性。水灰比是影响混凝土强度和耐久性的关键因素。应合理控制水灰比, 以确保混凝土的强度和耐久性。骨料用量过多会导致混凝土的密实度降低, 从而降低耐久性^[5]。应合理控制骨料用量, 以保持混凝土的密实度和耐久性。外加剂和矿物掺合料的用量直接影响混凝土的耐久性。应合理控制其用量, 以充分发挥其作用。

4.3 环境条件

环境条件对自愈合混凝土的耐久性具有重要影响。温度变化会影响混凝土的收缩和徐变, 进而影响其耐久性。应避免在极端温度下施工和使用混凝土。湿度对混凝土的碳化和腐蚀具有重要影响。应确保混凝土在施工和使用过程中保持干燥。化学侵蚀会导致混凝土的强度和耐久性下降。应采取防止化学侵蚀, 如使用耐腐蚀材料或涂层。

5 结论

自愈合混凝土具有提高结构耐久性、降低施工成本、减少维护成本等优点, 在土木工程领域具有广阔的应用前景。自愈合混凝土在修复裂缝方面具有较高的效果, 但修复效果受智能材料种类、环境条件等因素的影响。随着材料科学和建筑技术的不断发展, 自愈合混凝土的性能将得到进一步提高, 其在土木工程中的应用将更加广泛。未来, 自愈合混凝土作为一种新型建筑材料, 在土木工程领域具有巨大的应用潜力。通过深入研究其性能和优化技术, 有望为我国土木工程领域的发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 向飞,王雨禾,雷中梨,等.自愈合抗裂防渗复合材料对混凝土性能影响的研究[J].新型建筑材料,2024,51(11):113-116.
- [2] 刘涛,张桃.纤维添加剂对桥梁大体积混凝土自愈合性能的影响[J].交通世界,2024,(28):26-28.
- [3] 李忠临.澎内传:混凝土自愈合防水系统让好房子更耐久[J].建筑,2024,(07):82-83.
- [4] 冯鑫.高分子修复剂对混凝土裂缝自愈合性能影响分析[J].低碳世界,2024,14(05):85-87.
- [5] 徐俊峰,丁磊,郭涛.自愈合防水混凝土的应用研究[J].中国建筑防水,2024,(03):12-19.