

混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中的应用研究

李洪瑾

(青海省海西公路桥梁工程有限公司, 青海 西宁 810000)

摘要 混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中具有重要的应用价值。公路工程作为基础设施的重要组成部分,其质量直接关系到交通的安全性和耐久性。然而,混凝土在硬化过程中易产生裂缝,影响结构的整体性和使用寿命。通过科学的技术手段和有效的管理措施,可以有效减少裂缝的产生,确保公路工程的安全性和稳定性。本文对混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中的应用进行了探讨,以期充分发挥混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中的作用提供参考。

关键词 混凝土浇筑抗裂技术; 公路工程施工; 混凝土抗裂性能

中图分类号: U415

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.018

0 引言

随着我国交通路网体系的持续推进,公路工程对现浇混凝土的品质管控标准日趋严格。材料自身收缩特性引发的结构裂隙已成为施工过程中的频发难题,这类缺陷不仅会破坏工程表现形态,更会削弱建筑体的力学性能与抗老化能力。从材料科学角度分析,结构裂隙的形成机理主要涉及多重因素。系统探究这些作用机制的耦合关系,既可有效提升道路工程的综合性能指标,又能显著延长构造物的服役周期,为现代化交通网络的韧性发展奠定技术基础。

1 公路工程对混凝土抗裂性能的要求

公路工程对混凝土抗裂性能的要求极为严格,这主要源于公路工程的特殊性和重要性。公路作为交通基础设施的核心组成部分,长期承受车辆荷载、环境变化及自然因素的复杂作用,其质量直接关系到交通安全和运营效率。混凝土作为公路工程的主要建筑材料,其抗裂性能直接决定了路面的耐久性和使用寿命。裂缝的出现不仅影响路面的平整度和美观性,还可能成为水分和有害物质渗透的通道,加速结构的老化和损坏,甚至引发严重的交通安全隐患。因此,公路工程对混凝土的抗裂性能提出了高标准要求,以确保路面在长期使用中保持稳定性和可靠性。混凝土的抗裂性能主要取决于其材料特性、配合比设计、施工工艺及养护条件^[1]。在材料选择上,需采用低收缩、高韧性的水泥和骨料,并合理掺加外加剂和纤维材料,以改善混凝土的抗裂性能。在配合比设计上,需优化水

灰比和骨料级配,减少混凝土的收缩变形和内部应力。在施工工艺上,需严格控制浇筑、振捣和抹面过程,确保混凝土的密实性和均匀性。在养护条件上,需采取有效的保湿和保温措施,减少混凝土的早期收缩和温度应力。

2 混凝土材料特性

2.1 混凝土的强度特性

混凝土的强度特性作为工程材料的核心性能指标,混凝土的力学特性直接制约着结构的荷载承受效能与抗劣化能力。其力学性能体系涵盖压力抵抗、张力消解及弯折耐受三个维度,其中压力承载参数作为常规检测项目被广泛应用。该体系的形成机理与胶凝材料的水化进程、浆体稠度配比参数、集料物理特性及硬化环境控制等核心关联要素存在密切关系。胶凝基质在水化过程中形成的空间网络结构构成了材料力学性能的物质基础,而浆体稠度配比参数的精准控制尤为关键,过高数值将导致微观孔隙率上升,反之则会影响混合料的施工和易性。集料相作为复合材料的主要组分,其力学阻抗特性、几何形态特征及粒径分布规律对整体性能具有显著制约效应,科学级配设计可有效增强材料内部结构的连续性。需要特别指出的是,水化环境调控对强度发展轨迹具有决定性作用,适宜的温湿度条件既能加速早期晶核形成,又可保障长期强度稳定增长^[2]。通过科学调整配方参数与改良成型工艺,可系统提升复合材料的综合力学表现,适应多样化工程场景的技术需求。

2.2 混凝土的耐久性特性

混凝土的耐久性能表征其在复杂服役条件下的长期稳定表现,具体涵盖抗冻融循环、抗介质渗透及耐化学侵蚀等核心指标。材料的抗冻能力体现为周期性冻胀作用下的结构完整性保持度,其性能优劣与孔隙构造特征及含气量调控密切相关,适量引气组分的掺入可显著改善该项指标。抗渗透特性则与材料内部致密程度及水化产物结构直接关联,通过优化胶凝材料比例与骨料粒径分布可形成连续致密的微观屏障^[3]。针对化学侵蚀的防护效能主要取决于胶材体系的选择与界面过渡区强化,采用特种水泥与活性矿物掺合料复合技术可有效提升抗离子侵蚀能力。值得注意的是,材料耐久表现与服役环境的温湿度变化、侵蚀介质浓度等参数存在显著相关性。基于材料科学原理进行配合比设计与施工过程控制,能够系统性提升混凝土结构在全生命周期内的耐久性、可靠性。

2.3 混凝土的收缩与徐变特性

收缩与徐变现象作为水泥基复合材料的重要时变特性,对结构体系的变形协调与应力重分布具有显著作用。材料硬化阶段的水分散失及胶凝反应会引发体积缩减效应,具体表现为大气干燥收缩与自生收缩两种形态。前者源于表层水分蒸散形成的毛细管张力作用,其发展程度受制于环境湿度梯度与材料配合参数;后者则因水化反应持续消耗内部水分而产生,与胶凝材料活性及水胶比设计密切相关。在持续应力作用下,材料将呈现渐进式时变变形响应,其演化规律与应力水平、材料组成及硬化环境存在函数关系。需特别指出的是,这两种时变效应叠加可能导致应力集中区微裂纹萌生扩展,进而影响结构服役性能。在工程实践中,通过优选低缩型胶材与膨胀组分复合技术,配合精确的湿度调控养护制度,可实现对材料体积稳定性的有效调控。结构设计阶段需充分考虑时变效应的影响机制,结合施工过程的全周期温湿度管控,能够显著提升混凝土结构的长期工作性能与安全储备。

3 混凝土浇筑抗裂技术在公路工程中的施工工艺

3.1 原材料的选择与预处理

原材料的选择与预处理是混凝土浇筑抗裂技术的关键环节,直接影响到混凝土的性能和施工质量。水泥作为混凝土的主要胶凝材料,应选择低热、低收缩的品种,以减少水化热和收缩变形。骨料的选择应注重其级配、粒形和含泥量,合理的骨料级配可以提高混凝土的密实性和抗裂性能。细骨料应选用中粗砂,粗骨料应选用级配良好的碎石或卵石,并严格控制其含泥量和有机杂质含量。外加剂的选择应根据工程需

求,选用减水剂、引气剂或膨胀剂等,以改善混凝土的工作性和抗裂性能^[4]。矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等,可以有效降低混凝土的水化热和收缩,提高其耐久性。在预处理阶段,骨料应进行清洗和筛分,确保其洁净度和级配符合要求。水泥和外加剂应进行质量检验,确保其性能稳定。通过科学的原材料选择和严格的预处理,可以为混凝土的抗裂性能提供基础保障。

3.2 配合比设计与优化策略

配合比设计与优化是混凝土浇筑抗裂技术的核心内容,直接决定了混凝土的性能和施工效果。配合比设计应综合考虑混凝土的强度、工作性和抗裂性能,合理确定水灰比、水泥用量和骨料比例。低水灰比可以提高混凝土的强度和密实性,减少收缩变形,但过低的水灰比会影响混凝土的工作性,因此需在两者之间找到平衡。水泥用量的控制应避免过多,以减少水化热和收缩变形。骨料的比例应根据其级配和粒形进行优化,确保混凝土的密实性和均匀性^[5]。外加剂和矿物掺合料的掺量应根据工程需求进行优化。通过科学的配合比设计和优化策略,可以有效提高混凝土的抗裂性能,满足公路工程的需求。

3.3 搅拌与运输过程的抗裂控制

搅拌与运输过程的抗裂控制是混凝土浇筑抗裂技术的重要环节,直接影响到混凝土的均匀性和施工质量。搅拌过程应确保混凝土的均匀性和工作性,搅拌时间应根据混凝土的配合比和搅拌设备进行合理控制,避免过短或过长。搅拌设备应定期维护和校准,确保其性能稳定。运输过程应尽量减少混凝土的离析和泌水,运输车辆应保持平稳行驶,避免剧烈振动和长时间停留。在高温或低温环境下,应采取相应的保温或降温措施,以减少混凝土的温度应力。搅拌和运输过程中,应严格控制混凝土的坍落度,确保其符合设计要求。通过科学的搅拌与运输过程控制,可以有效提高混凝土的均匀性和抗裂性能,为公路工程的施工质量提供保障。

3.4 浇筑与振捣的关键技术要点

混凝土成型阶段的工艺控制对材料最终性能具有决定性作用。分层浇筑时需遵循 30 ~ 50 cm 的作业厚度标准,通过分阶段布料实现热应力缓释,有效防范温度裂缝形成。布料路径应遵循由远及近的空间推进原则,最大限度减少混合料输送过程中的组分偏析风险。针对极端气候条件,需实施温控补偿工艺,通过循环水冷系统或蓄热保温技术平衡体系温度场分布。需特别强调的是模板系统的稳定性控制,须通过刚性支撑体系与实时监测装置确保成型界面的几何精度。

在密实化处理环节,应根据结构断面特征选用适配的振捣装置,其中插入式设备适用于大体积构件,操作时需保持垂直插拔节奏,防止局部浆骨分离现象。表面振捣工艺则适用于薄壁结构,通过高频微幅振动实现表层气泡的有效排除。从工艺原理层面,科学的振捣参数设置能够优化胶凝材料与骨料的界面结合状态,从而提升材料宏观力学性能与抗裂指标。整个成型过程应建立全过程质量追溯机制,通过智能传感技术实时监控施工参数,确保工艺控制符合预设技术标准。

4 混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中的应用策略

4.1 优化材料选择与配合比设计

优化材料选择与配合比设计是混凝土浇筑抗裂技术的基础策略。在材料选择上,应优先选用低热、低收缩的水泥品种,如中热硅酸盐水泥或低热矿渣水泥,以减少水化热和收缩变形。骨料的选择应注重其级配和粒形,采用连续级配的骨料可以提高混凝土的密实性和抗裂性能。细骨料应选用中粗砂,粗骨料应选用级配良好的碎石或卵石,并严格控制其含泥量和有机杂质含量。外加剂的选择应根据工程需求,选用高效减水剂、引气剂或膨胀剂等,以改善混凝土的工作性和抗裂性能^[6]。矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等,可以有效降低混凝土的水化热和收缩,提高其耐久性。在配合比设计上,应合理控制水灰比,避免过高或过低的水灰比影响混凝土的性能。通过科学的材料选择和配合比设计,可以为混凝土的抗裂性能提供基础保障,满足公路工程的高标准要求。

4.2 精细化施工工艺控制

精细化施工工艺控制是混凝土浇筑抗裂技术的关键策略。在浇筑过程中,应严格控制混凝土的浇筑速度和分层厚度,避免因浇筑过快或过厚导致混凝土内部产生温度应力和收缩裂缝。分层浇筑时,每层厚度应控制在30~50 cm,确保混凝土能够充分振捣密实。浇筑顺序应从远到近、从低到高进行,避免混凝土因流动距离过长而产生离析。在高温或低温环境下,应采取相应的温度控制措施,如使用冷却水或加热设备,以减少混凝土的温度梯度,防止裂缝产生。振捣是保证混凝土密实性和均匀性的重要步骤,振捣设备应根据混凝土的浇筑厚度和结构形式进行选择,振捣时间应根据混凝土的坍落度和振捣设备的性能进行控制,避免过振或欠振。通过精细化的施工工艺控制,可以有效提高混凝土的密实性和均匀性,减少裂缝的产生,为公路工程的施工质量提供保障。

4.3 科学养护与环境控制

科学养护与环境控制是混凝土浇筑抗裂技术的重要策略。养护是混凝土强度发展和抗裂性能提升的关键阶段,应根据混凝土的配合比和环境条件制定合理的养护方案。早期养护应注重保湿和保温,采用覆盖湿麻布、喷洒养护剂或使用养护膜等措施,防止混凝土表面水分过快蒸发,减少干缩裂缝的产生。在高温或低温环境下,应采取相应的温度控制措施,如使用冷却水或加热设备,以减少混凝土的温度应力。环境控制是防止混凝土裂缝产生的重要措施,施工过程中应尽量避免混凝土暴露在极端气候条件下,如高温、低温或强风环境^[7]。在高温环境下,应采取遮阳、喷水降温等措施;在低温环境下,应采取加热、保温等措施。通过科学的养护与环境控制,可以有效提高混凝土的抗裂性能,延长公路工程的使用寿命,确保其安全性和耐久性。

5 结束语

混凝土抗裂控制理论在道路工程中的系统化应用,为现代交通基础设施建设构建了科学的质量保障体系。实践表明,基于材料缺陷防控机理的配合比优化设计,结合过程控制优化与环境耦合作用分析,能够显著提升结构体系的完整性与服役可靠性。现阶段技术发展正朝着多参数耦合调控方向演进,通过智能监测系统与自适应补偿技术的集成应用,将实现裂缝控制由被动防治向主动调控的转型升级。随着绿色建造范式的转型推进,抗裂技术体系将在资源节约、环境友好等维度持续创新,为工程建设的可持续发展注入新的技术动能。

参考文献:

- [1] 张升.混凝土浇筑抗裂技术在公路工程施工中的应用研究[J].汽车周刊,2025(04):252-254.
- [2] 张祝兴.高速公路工程中小型预制混凝土箱梁构件施工技术[J].四川水泥,2025(03):254-256.
- [3] 郭宝侠.公路工程施工中混凝土裂缝的成因及处治措施[J].工程技术研究,2024,09(12):223-225.
- [4] 赵华.公路工程施工中混凝土裂缝成因与解决方法[J].运输经理世界,2023(19):127-129.
- [5] 王小强,李林翰.公路工程施工中混凝土裂缝成因与解决方法[J].时代汽车,2022(02):196-198.
- [6] 邓超.公路工程大体积混凝土裂缝成因与防治措施[J].住宅与房地产,2020(21):207.
- [7] 胡玉学.浅谈公路工程施工中混凝土裂缝的控制[J].中国标准化,2020(20):79-80.