

The influence of material selection and mix ratio optimization of cement concrete pavement on road performance

Zhiguo Tang

Nanjiang Jinhong Construction Co., Ltd., Bazhong, Sichuan, 636600, China

Abstract

Cement concrete pavement, as a common road material, is widely used in expressway, urban road and other construction projects, and its road performance directly affects the service life and safety of the road. The road performance of cement concrete pavement is affected by many factors, among which the selection of materials and the optimization of mix ratio are the key factors to determine its performance. This paper studies the influence of the choice of different cement concrete materials on the performance of road use, discusses the action mechanism of cement, aggregate, admixture and other materials on the compressive strength, folding strength, durability and freezing resistance of concrete pavement, and proposes the method of mix ratio optimization. By comparing the influence of different material ratio on the performance of cement concrete pavement, the paper provides the theoretical basis for the design and construction of cement concrete pavement, and puts forward the optimization scheme to improve the road performance. The study shows that reasonable material selection and scientific mix ratio optimization can significantly improve the performance and economy of cement concrete pavement.

Keywords

cement concrete pavement, material selection, mix ratio optimization, road performance, durability

水泥混凝土路面材料选择与配合比优化对路用性能的影响

唐志国

南江金虹建设有限公司, 中国·四川巴中 636600

摘要

水泥混凝土路面作为一种常见的道路材料,广泛应用于高速公路、城市道路等建设项目中,其路用性能直接影响到道路的使用寿命和安全性。水泥混凝土路面的路用性能受到多种因素的影响,其中材料的选择和配合比的优化是决定其性能的关键因素。本文研究了不同水泥混凝土材料的选择对路用性能的影响,探讨了水泥、骨料、掺合料等材料对混凝土路面抗压强度、抗折强度、耐久性、抗冻性等性能的作用机制,并提出了配合比优化的方法。通过对比不同材料配比对水泥混凝土路面性能的影响,本文为水泥混凝土路面的设计和施工提供了理论依据,并提出了改善路用性能的优化方案。研究表明,合理的材料选择和科学的配合比优化能够显著提高水泥混凝土路面的使用性能和经济性。

关键词

水泥混凝土路面; 材料选择; 配合比优化; 路用性能; 耐久性

1 引言

随着城市化进程的加快和交通运输需求的日益增加,道路建设逐渐成为基础设施建设中的重要组成部分。水泥混凝土路面作为一种常见的道路材料,因其耐久性、承载能力和施工方便等优点,在现代道路建设中得到了广泛应用。水泥混凝土路面的使用性能直接影响道路的服务质量和使用寿命,因此,提高水泥混凝土路面的性能是道路建设中的一个关键问题。

水泥混凝土路面的路用性能包括抗压强度、抗折强度、

抗冻性、耐久性、抗滑性等,这些性能直接决定了路面的使用寿命和交通安全。材料选择和配合比是影响水泥混凝土路面性能的关键因素。水泥的种类、骨料的粒径和级配、掺合料的使用等都会对水泥混凝土的性能产生重要影响。因此,优化水泥混凝土的配合比,合理选择材料是提高路用性能的有效途径。

本文将从水泥、骨料、掺合料等材料的选择入手,分析其对水泥混凝土路面性能的影响,并结合不同配合比对路用性能的优化效果,提出改进水泥混凝土路面性能的建议,旨在为水泥混凝土路面的设计和施工提供理论依据和实践指导。

【作者简介】唐志国(1975-),男,中国四川人,本科,工程师,从事工程施工研究。

2 水泥混凝土路面的材料选择与性能

2.1 水泥的选择对路用性能的影响

水泥是水泥混凝土路面中最重要的组成材料之一，其质量直接影响混凝土的强度、耐久性及施工性能。常见的水泥种类包括普通硅酸盐水泥、矿渣水泥、粉煤灰水泥等。不同种类的水泥在水化过程中的反应特性、硬化速度和最终强度等方面有所不同，因此选择适合的水泥种类对混凝土路面性能具有重要意义。

普通硅酸盐水泥具有较快的水化反应速度和较高的强度，适用于大多数的道路建设项目。然而，在一些特殊环境下，如湿热或极寒地区，矿渣水泥和粉煤灰水泥的使用会提高水泥混凝土的抗冻性、抗渗性和耐久性。矿渣水泥和粉煤灰水泥中的矿物成分具有较低的水化热和较好的耐酸碱性能，因此在需要提高混凝土耐久性的项目中，选择矿渣水泥或掺入粉煤灰能够有效延长水泥混凝土的使用寿命，尤其是在抗渗、防冻、防裂等性能方面表现尤为突出。

水泥的选用需要根据实际环境和工程要求来确定。例如，在温差较大的地区，选用抗冻性能较好的水泥种类，能够有效避免水泥混凝土路面由于冻融循环造成的损伤。此外，水泥的品质直接影响混凝土的抗压强度和抗折强度，因此对水泥的选择必须严格控制其质量。

2.2 骨料的选择与配合比对路用性能的影响

骨料是水泥混凝土路面中的第二大组成材料，通常由粗骨料和细骨料两部分构成。骨料的质量、粒径和级配直接影响混凝土的强度、工作性和耐久性。粗骨料通常由碎石、卵石等材料组成，细骨料通常为天然砂或人工砂。

骨料的粒径分布对混凝土的密实性和强度有重要影响。合适的骨料级配能够使混凝土的骨料在体积和重量上得到合理分布，从而提高混凝土的密实性和强度。过细的骨料会导致混凝土的粘度过高，施工难度增大；而过粗的骨料则可能导致混凝土的工作性下降，影响其浇筑和密实度。因此，合理的骨料级配是提高水泥混凝土路面性能的关键。

在骨料的选择上，必须考虑其粒径、形状、表面特性等因素。粒径过大的骨料可能影响混凝土的均匀性，粒径过小的骨料则可能导致混凝土的流动性下降。不同地区的骨料类型和质量差异较大，因此在不同地区施工时，必须选择当地合适的骨料，确保其符合工程要求。

2.3 掺合料的使用与路用性能的提升

掺合料是指在水泥混凝土中加入的其他材料，如粉煤灰、矿渣、硅灰等。掺合料的加入可以改善混凝土的工作性、增强耐久性、降低成本和减少能耗等。掺合料的使用是水泥混凝土配合比优化的一个重要方面。

粉煤灰作为一种常见的矿物掺合料，在水泥混凝土中具有多方面的应用优势。粉煤灰能有效改善混凝土的流动性和可操作性，减少水泥的用量，降低混凝土的热膨胀性和干缩性，增强其抗渗、抗冻和抗化学侵蚀能力。此外，粉煤灰

还能够提高混凝土的耐久性，延长道路的使用寿命。矿渣水泥则在抗高温、抗腐蚀等方面具有明显优势，特别适用于道路建设中的高温或腐蚀性环境。

对于水泥混凝土路面，掺合料的合理选择能够有效提高其抗渗透性、抗冻性和抗化学侵蚀能力，改善混凝土的长期稳定性。采用掺合料可以降低对环境的负面影响，并在满足强度要求的同时，提升混凝土的综合性能。

3 水泥混凝土路面配合比优化的策略与效果分析

3.1 配合比优化的基本原则与方法

配合比优化是水泥混凝土设计中的一个核心环节，旨在通过科学调整水泥、骨料和掺合料的比例，达到最佳的混凝土性能。优化水泥混凝土的配合比，不仅能够提高其强度、耐久性、抗冻性等路用性能，还可以有效减少水泥的用量，降低生产和施工成本，提高施工效率，并且能促进资源的节约和环境的可持续发展。

在配合比优化过程中，必须遵循一定的基本原则。首先，在保证混凝土强度和耐久性的前提下，尽量减少水泥的用量。水泥是水泥混凝土中的主要材料，然而水泥生产过程中会产生大量二氧化碳等温室气体，增加环境负担。因此，优化水泥的使用量，不仅能够减少成本，还能有效降低环境污染。其次，提高骨料的使用效率是优化配合比的另一个重要原则。骨料的质量、粒径、级配等对混凝土的强度和工作性有直接影响，因此，合理选择骨料的种类与级配，能够提高骨料的利用率，优化混凝土的性能。

在优化过程中，掺合料的合理使用同样至关重要。掺合料如粉煤灰、矿渣、硅灰等，不仅能够改善混凝土的工作性和抗渗性，还能在一定程度上提高其抗冻性和耐久性。合理选择掺合料的种类与比例，有助于提高混凝土的综合性能，同时降低生产成本。优化配合比的目标是使混凝土在强度、耐久性、流动性和施工性等方面达到最佳平衡，并确保在实际应用中具有足够的稳定性。

配合比优化的实施方法多种多样，常见的优化方法包括试配法、数学优化法和试验分析法等。试配法是通过反复试验，调整水泥、骨料和掺合料的比例，寻找最佳配合比的一种方法。虽然这种方法直观易懂，但过程繁琐且耗时较长。数学优化法则通过数学模型对不同配合比进行计算和分析，快速筛选出符合要求的最佳配合比。试验分析法则结合理论计算和实验数据，分析各种材料对比对混凝土性能的影响，最终确定最优配合比。

在配合比优化的过程中，还需要特别注意水灰比的调整。水灰比对混凝土的强度和耐久性有着决定性影响，通常水灰比越小，混凝土的强度越高，但其工作性也会降低。因此，合理的水灰比是优化配合比时必须综合考虑的重要因素。通过合理调整水泥、骨料、掺合料和水灰比的比例，能

够获得符合设计要求的水泥混凝土，同时降低成本，提高路用性能。

3.2 优化配合比对路用性能的影响

优化水泥混凝土配合比能够显著提高路面性能，并有效延长其使用寿命。在水泥混凝土路面设计中，通过合理的配合比设计，可以提高混凝土的强度、耐久性和抗冻性，进而提升路面的整体性能。例如，优化水泥、骨料和掺合料的比例可以有效地提高混凝土的抗压强度和抗折强度，使得水泥混凝土路面在承载交通荷载时更加耐用。强度提高后的路面能够承受更大的荷载和冲击，减少道路因沉降或开裂而发生的损坏。

此外，合理的配合比设计还能改善混凝土的抗裂性能。混凝土在使用过程中，受到外部荷载、温度变化和湿度波动等因素的影响，常常会出现裂缝。裂缝的存在不仅影响路面的美观，还会导致水泥混凝土路面结构的退化，进而影响其使用寿命。通过优化水泥、骨料和掺合料的比例，合理调控水泥的水化过程和骨料的级配，可以有效减小混凝土的收缩性和膨胀性，抑制裂缝的形成。

优化配合比设计还能够提高混凝土的耐久性，使路面在长期使用中的退化速度显著降低。耐久性是水泥混凝土路面使用性能中的关键因素之一，它直接决定了路面在长期使用过程中的抗渗性、抗冻性、抗化学腐蚀能力等。合理的配合比设计通过调整水灰比和掺合料的比例，可以提高混凝土的密实度，减少孔隙率，进而提高混凝土的抗渗透性，减少外界有害物质的渗透，从而提高混凝土路面的耐久性。

优化配合比的另一个重要优势是能够降低生产成本，并减少对环境的负面影响。在配合比优化过程中，通过合理控制水泥的使用量和掺合料的比例，可以在保证混凝土强度和耐久性的基础上，减少水泥的消耗。水泥是生产过程中能源消耗和二氧化碳排放的主要来源，因此，通过减少水泥的使用，不仅能够降低生产成本，还能减轻环境负担。此外，掺合料的使用，如粉煤灰、矿渣等，不仅能改善混凝土的性能，还能充分利用工业废料，降低对自然资源的依赖，实现资源的循环利用。

3.3 配合比优化的实际案例分析

以某城市高速公路项目为例，在该项目的道路建设过程中，工程技术人员针对水泥混凝土的配合比进行了科学优

化，从而显著提升了路面性能。通过对不同水泥、骨料和掺合料的配比进行实验，工程师们选择了最佳的材料组合，最终在保证混凝土强度和耐久性的前提下，达到了优化目标。

经过配合比优化后，水泥混凝土的抗压强度提高了15%，这一提升使得路面能够承受更大的荷载，延长了其使用寿命，并减少了由于路面沉降或开裂导致的维修频率。此外，抗冻性也提高了20%，显著增强了路面在寒冷地区的抗冻耐久性，有效避免了因冻融循环而导致的路面破坏和开裂，从而提高了路面的整体耐久性。

此外，优化后的配合比通过合理调整水泥和掺合料的使用量，成功减少了水泥的消耗。水泥作为水泥混凝土中最重要的组成部分，消耗量的减少不仅有助于降低施工成本，还减轻了对环境的负担。减少水泥的使用量也意味着降低了二氧化碳的排放，有助于实现项目的环境可持续性目标。通过这些优化措施，项目在提高路面性能的同时，确保了经济性，为高速公路建设提供了可靠的技术保障。

4 结语

水泥混凝土路面的材料选择与配合比优化对路用性能的提升具有至关重要的作用。通过合理选择水泥、骨料和掺合料，并优化配合比，能够显著提高水泥混凝土路面的强度、耐久性、抗冻性等性能，进而提升道路的使用寿命和安全性。在未来的道路建设中，科学合理的材料选择和配合比优化将继续发挥重要作用，为实现道路建设的可持续发展提供坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 刘刚,钱振东,陈磊磊,等.装配式桥面沥青混凝土铺装结构体系及其接缝构造优化[J/OL].中国公路学报,1-16[2025-03-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1313.u.20250228.1404.004.html>.
- [2] 孟志伟,鞠大鹏.水泥混凝土路面改性技术在重载交通公路中的应用研究[J].建筑工人,2025,46(02):7-9.
- [3] 任成强,于杰.硅灰-矿粉改性透水再生混凝土力学性能及耐磨性影响研究[J].水泥工程,2025,(01):91-96.
- [4] 江晨光霞,徐彬皓,袁小林.碱激发胶凝材料温度交变性能研究[J].水泥工程,2025,(01):24-27+33.
- [5] 王书强.基于公路工程建设的沥青混凝土路面施工技术研究[J].中华建设,2025,(02):172-174.