

## 连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能影响因素研究

张远<sup>1</sup> 王杨<sup>2</sup>

1 陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司, 陕西 宝鸡 721399

2 陕西交通控股集团有限公司宝坪高速公路建设管理处, 陕西 西安 710065

**[摘要]** 此次研究了连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素。首先, 介绍了连续刚构桥的定义与特点, 以及桥面铺装结构的组成与功能。随后, 探讨了连续刚构桥面铺装结构的类型及应用。接着, 详细分析了材料性质对层间黏结性能的影响, 包括黏结材料类型与性能、混凝土性能和界面处理技术。同时, 讨论了结构设计对层间黏结性能的影响, 包括铺装层数与厚度的设计、桥面坡度的设计以及伸缩缝与连接件的设计。此外, 还分析了施工工艺对层间黏结性能的影响, 包括施工方法及工艺流程、施工环境与温度控制, 以及质量控制与检测方法。最后, 针对影响因素进行了进一步的分析, 包括集料类型、级配类型和涂抹量对层间黏结性能的影响。通过对这些因素的研究, 可以提供有效的指导和建议, 以提高连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能。

**[关键词]** 连续刚构桥; 桥面铺装结构; 层间黏结性能

DOI: 10.33142/ec.v6i12.10341

中图分类号: U443.34

文献标识码: A

## Research on Factors Influencing the Interlayer Bonding Performance of Continuous Rigid Frame Bridge Deck Pavement Structure

ZHANG Yuan<sup>1</sup>, WANG Yang<sup>2</sup>

1 Baoji Branch of Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721399, China

2 Baoping Expressway Construction Management Office of Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710065, China

**Abstract:** This study investigated the influencing factors on the interlayer bonding performance of continuous rigid frame bridge deck pavement structure. Firstly, the definition and characteristics of continuous rigid frame bridges were introduced, as well as the composition and functions of bridge deck pavement structures. Then, the types and applications of continuous rigid frame bridge deck pavement structures were explored. Subsequently, a detailed analysis was conducted on the impact of material properties on interlayer bonding performance, including the type and performance of bonding materials, concrete properties, and interface treatment techniques. At the same time, the impact of structural design on interlayer bonding performance was discussed, including the design of the number and thickness of pavement layers, the design of bridge deck slope, and the design of expansion joints and connectors. In addition, the impact of construction techniques on interlayer bonding performance was analyzed, including construction methods and processes, construction environment and temperature control, as well as quality control and testing methods. Finally, further analysis was conducted on the influencing factors, including the influence of aggregate type, grading type, and application amount on the interlayer bonding performance. By studying these factors, effective guidance and suggestions can be provided to improve the interlayer bonding performance of continuous rigid frame bridge deck pavement structures.

**Keywords:** continuous rigid frame bridge; bridge deck pavement structure; interlayer bonding performance

### 引言

连续刚构桥是一种常见的桥梁结构形式, 其具有较高的承载能力和刚度, 广泛应用于公路和铁路交通中。在连续刚构桥的桥面铺装结构中, 层间黏结性能对于保证整体结构的完整性和稳定性至关重要。因此, 深入研究连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素, 对于提高桥梁的服务寿命和安全运行具有重要意义。此次研究旨在系统地分析连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素, 并探讨它们之间的相互关系。首先, 我们介绍了连续刚构桥的定义与特点, 包括其结构形式和工作原理。同时, 我们也阐述了桥面铺装结构的组成与功能, 涵盖了不同层次

材料的作用和相互关系, 通过这些基础知识的介绍, 读者可以更好地理解层间黏结性能的研究背景和意义。

### 1 连续刚构桥面铺装结构概述

#### 1.1 连续刚构桥的定义与特点

连续刚构桥是一种常见的桥梁结构形式, 具有一定的特点和优势。连续刚构桥的主要特点是其刚度和承载能力较高。它由多个跨径组成, 跨越河流、山谷或其他障碍物。与传统的简支桥相比, 连续刚构桥在跨越大距离时能够提供更好的稳定性和结构性能。连续刚构桥的主要组成部分包括桥面、支座和梁体。梁体通常采用钢筋混凝土或预应力混凝土构造, 具有较高的刚度和强度<sup>[1]</sup>。梁体的连续性使得桥梁能够充分

利用整个结构的承载能力,从而实现较大跨径的跨越。连续刚构桥具有良好的荷载传递性能,能够将荷载均匀地分配到各个支座上。这种特性使得桥梁能够有效地承受车辆和行人的荷载,并保证了桥梁的稳定性和安全性。同时,连续刚构桥还能够减少桥梁结构中的伸缩缝数量,降低了维护和保养的成本。此外,连续刚构桥还可以提供较大的通行断面,为交通流量的顺畅提供了便利。它具有较小的高度和横截面尺寸,可以在限制空间条件下实现较大的通行能力。

## 1.2 桥面铺装结构的组成

桥面铺装结构是桥梁中的重要组成部分,其主要功能是提供平稳的行车表面,并承担来自车辆荷载以及环境荷载的作用。它由多个层次组成,每个层次具有不同的功能和作用。路面层是桥面铺装结构的最上层,直接接触车辆轮胎。它通常采用沥青混合料或混凝土作为材料,具有良好的耐久性和摩擦系数,能够提供平稳的行车表面,使车辆行驶更加安全和舒适<sup>[2]</sup>。防水层位于路面层下方,起到防止雨水、融化的冰雪和其他液体渗入桥梁结构的作用。防水层通常采用特殊的防水材料或涂层,确保桥梁的结构和承载能力不受水分侵蚀影响。黏结层位于防水层下方,起到连接路面层和基层(如混凝土桥面板)的作用。它能够提供良好的黏结性能,使得路面层与基层之间能够紧密结合,防止剥离和滑移。基层是桥面铺装结构的承载层,通常由混凝土桥面板或砾层等构成。它具有足够的强度和刚度,能够承受来自车辆荷载和环境荷载的作用,并将其传递到桥梁的其他部分。

## 2 连续刚构桥面铺装结构层间黏结性分析

### 2.1 材料性质

#### 2.1.1 黏结材料类型与性能

在连续刚构桥面铺装结构中,层间黏结性是确保各层材料之间紧密连接和协同工作的关键。为了实现良好的黏结效果,不同类型的黏结材料被广泛应用。沥青通常用于道路表面层与基层之间的黏结。它是一种石油衍生物,具有黏性和黏合性能,可以有效地连接不同材料。沥青黏结剂可分为热浸渗沥青和冷浸渗沥青两种类型,其选择取决于施工条件和要求。沥青胶黏剂也是一种常用的黏结材料,常用于沥青混凝土层之间的黏结<sup>[3]</sup>。它具有较高的附着力和黏合性能,能够确保路面层的稳固连接。环氧树脂是一种强度和耐久性较高的黏结材料,常用于混凝土层与其他材料(如钢板、预应力混凝土等)之间的黏结。它能够提供极好的附着力和耐化学腐蚀性,适用于各种工程环境。

#### 2.1.2 混凝土性能

在连续刚构桥面铺装结构中,混凝土是一种常用的材料,它用于桥梁的支座、墩台、桥面板等部位。混凝土的强度是衡量其抗压和抗拉能力的指标。高强度混凝土可以提供更好的结构承载能力和抗裂性能,从而增强层间黏结的稳定性。混凝土的密实性决定了其防水和抗渗性能。良好的密实性可以降低水分渗透的风险,减少水分对层间黏结性的不利影响<sup>[4]</sup>。在寒冷地区或冬季气温较低的环境中,混凝土需要具备

良好的抗冻性能。抗冻混凝土可以有效地抵御冻融循环引起的损坏,并保持层间黏结的完整性。混凝土的耐久性是指其在长期使用过程中能够保持结构稳定和功能完整的能力。耐久性受多种因素影响,如化学侵蚀、热循环、紫外线辐射等,良好的耐久性有助于维持混凝土与其他材料之间的黏结强度。

## 2.2 结构设计

### 2.2.1 铺装层数与厚度的设计

在连续刚构桥面铺装结构中,铺装层数和厚度的设计是关键的因素,它们直接影响到层间黏结性的表现和整体结构的性能。铺装层的主要功能之一是承受交通荷载并将其传递到下方结构。通过增加铺装层数和合理分配厚度,可以更好地分散和传递荷载,减轻对下方结构的影响,从而提高层间黏结的稳定性。铺装层的设计还应考虑到所处的环境条件,如气候、交通流量和道路类型等。在寒冷地区,需要考虑抗冻性能和耐用性,而在高温地区,则需要注意抗软化和变形的能力。同时,高交通流量的道路可能需要更厚的铺装层来承受较大的荷载<sup>[5]</sup>。设计铺装层数和厚度时,经济性也是一个重要考虑因素。过度的层数和厚度增加了施工成本,并且可能导致不必要的浪费。因此,需要在满足性能要求的前提下,尽可能优化层数和厚度,以达到经济有效的设计。

### 2.2.2 桥面坡度的设计

在连续刚构桥面铺装结构中,桥面坡度的设计对于层间黏结性至关重要。桥面坡度是指桥面横向和纵向的倾斜程度,它对水排泄、车辆行驶和层间黏结有着直接的影响。合理的桥面坡度设计可以帮助有效排除积水,防止水分在铺装层之间滞留,从而减少水分对层间黏结性能的不利影响,水分的长期存在可能导致层间剥离和损坏。适当的桥面坡度设计可确保车辆在桥面上行驶时具有良好的稳定性和操控性。较大的横向坡度会增加车辆转向力和侧向推力,而较大的纵向坡度可能导致车辆在上下坡时速度变化过大,影响行驶安全。桥面坡度的设计还应考虑乘车人员的舒适性,过大的横向和纵向坡度可能导致车辆和乘客的不适感,增加驾驶员的疲劳程度,并降低行驶舒适性。

## 2.3 施工工艺

### 2.3.1 施工方法及工艺流程

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性分析中,施工方法和工艺流程对于确保良好的层间黏结至关重要。施工开始前,需要进行准备工作,这包括清理桥面及现有结构表面,去除尘土、油污等杂质,并确保基础结构平整、干燥。一般情况下,首先在桥面上进行底层处理。这可能包括底层修补和加固,以确保底层结构的稳定性和平整度。要根据设计要求和材料特性,选择适当的层间黏结剂,常用的黏结剂包括沥青乳液、沥青胶黏剂或水泥浆料。根据所选黏结剂的类型和规范,按照施工要求进行涂覆。通常采用喷涂、刷涂或喷洒等方式,确保黏结剂均匀覆盖整个桥面。在层间黏结剂施工后,进行铺装层的施工。这可能涉及沥青混合料或混凝土的浇筑、压实和养护等步骤<sup>[6]</sup>。完成铺装层施工后,

对桥面进行精细处理。这包括表面光滑处理、纹理修整以及必要的标线和标志施工等。施工完成后,需要进行适当的养护措施。这包括定期浇水、避免重载、防止损伤和保持交通管理等,以确保铺装层充分硬化和稳定。在整个施工过程中,施工人员应根据设计要求严格执行工艺流程,并且密切监控施工质量。必要时,可以使用无损检测方法来评估层间黏结性能,并采取补救措施以解决任何潜在问题。

### 2.3.2 质量控制与检测方法

在施工过程中,需要对层间黏结剂进行质量控制。这包括检查黏结剂的批次、原材料的合格证明、搅拌设备的运行状态以及施工环境的适宜性等,确保黏结剂的质量符合设计要求和规范要求。施工过程中需要严格控制施工质量。这包括对底层处理、黏结剂涂覆、铺装层压实等各个阶段进行监控和质量评估,使用合适的工具和设备进行实时控制,例如密度计、平整度仪、温度计等。通过无损检测方法能够帮助评估层间黏结性能和质量状况。常用的无损检测方法包括超声波检测、雷达检测、红外热像仪检测等。这些方法可以探测层间空隙、剥离、裂缝等缺陷,提供定量的数据和图象,帮助评估黏结性能。还需要从施工现场按照规范要求取样,并进行实验室试验来评估层间黏结性能。常用的试验方法包括剪切黏结强度测试、拉伸黏结强度测试、剥离试验等。这些试验方法可以提供黏结性能的定量指标,判断铺装层与底层之间的黏结质量。完成施工后,需要进行定期的监测和评估工作,使用合适的工具和设备对桥面进行巡视和检测,例如激光测距仪、摄像机等。通过比较监测数据与设计要求或历史数据,可以及时发现问题并采取相应的维修和加固措施。

## 3 连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素分析

### 3.1 集料类型对层间黏结性能的影响

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能中,集料类型是一个重要的影响因素。根据下图1所示,在相同油石比下,使用不同类型的集料进行混合料设计后形成的沥青混合料试件,在三点弯曲试验中承受的弯曲应力有所差异。石灰岩集料的弯曲应力最低,花岗岩次之,而辉绿岩具有最高的抗弯性能。可以推断出辉绿岩集料的强度和抗变形性能较好,而石灰岩集料的性能较差。

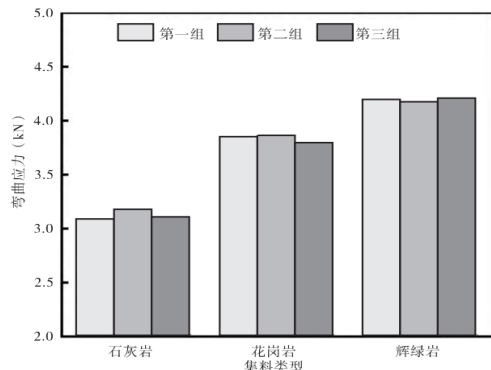


图1 不同类型集料混合料设计后弯曲应力对比

根据图2所示,在相同油石比下,使用三种不同类型的集料形成的试件在产生破坏时的挠度存在差异。石灰岩集料的挠曲变形最小,花岗岩和辉绿岩的挠曲变形差异相近。整体而言,三种类型的集料对挠度的影响差异较小,最大差值在2mm以下。

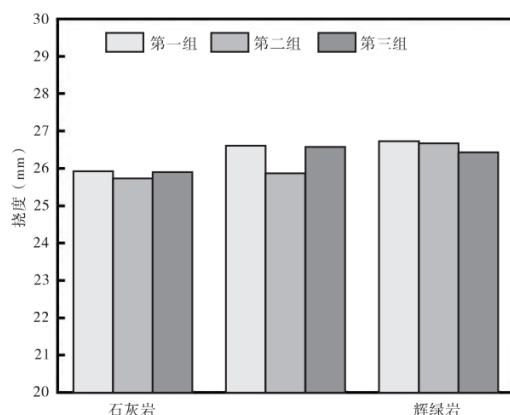


图2 三种不同类型集料形成的试件在产生破坏时的挠度差异对比

如图3所示,不同集料类型形成的沥青混合料试件的断裂能力也有所差异。石灰岩集料的断裂能在约5,000N/m左右,花岗岩的断裂能在6,500~7,000N/m之间,而辉绿岩集料的断裂能力最高,约为8,000N/m左右。因此,采用辉绿岩集料形成的沥青混合料试件具有最佳的抗断裂性能。

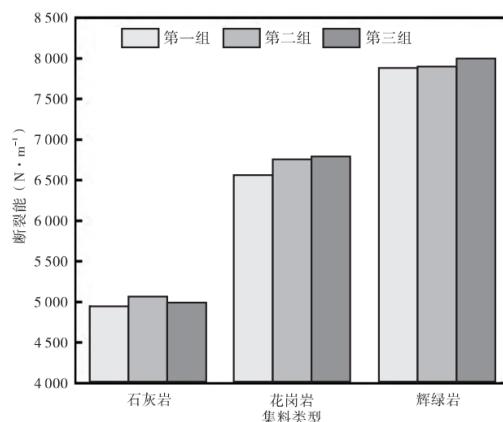


图3 不同集料类型形成的沥青混合料试件的断裂能力对比

所以,从试验结果可以看出,在连续刚构桥面铺装结构中,不同类型的集料会对层间黏结性能产生影响。辉绿岩集料表现出较好的弯曲应力、挠度和抗断裂性能,而石灰岩集料的性能相对较差。选择合适的集料类型对确保桥面铺装结构的层间黏结性能至关重要。

### 3.2 涂抹量对层间黏结性能的影响

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能中,涂抹量是一个重要的影响因素。根据提供的试验结果和图表,可以得出以下分析:

从图4和图5可以看出,在温度为60℃时,层间剪切强度和拉拔强度明显降低,相比于温度为25℃时的情况。这说明高温条件下,层间的黏结性能会受到负面影响。当涂抹量为0.2kg/m<sup>2</sup>、0.4kg/m<sup>2</sup>和0.6kg/m<sup>2</sup>时,层间剪切强度和拉拔强度的影响差异较小。然而,当涂抹量达到0.8kg/m<sup>2</sup>时,不论是在25℃还是60℃下,试件的剪切强度和拉拔强度都明显下降。这表明当涂抹量过大时,混合料对黏结材料的吸收过饱和,多余的黏结料存在于混合料与钢板之间,增加了自由黏结层的厚度。在高温和荷载作用下,黏结层容易滑移,从而降低黏结强度。

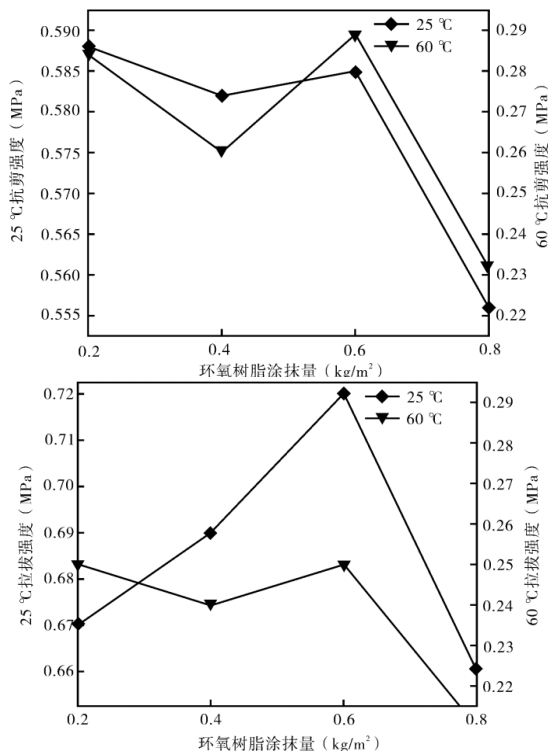


图4 环氧树脂涂抹量对比图

所以,建议将环氧树脂的涂抹量控制在0.2kg/m<sup>2</sup>到0.6kg/m<sup>2</sup>之间,以保证较好的层间黏结性能。过大的涂抹量会导致黏结材料的过度饱和和自由黏结层厚度增加,进而削弱黏结强度。此外,需要注意在高温条件下,层间黏结性能容易降低,因此可能需要采取额外的措施来提高黏

结性能的稳定性。

#### 4 结语

上述系统研究了连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能及其影响因素。通过对材料性质、结构设计和施工工艺等方面的分析,我们深入探讨了这些因素对层间黏结性能的影响机制和相互关系。通过此次的研究,我们对连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素有了全面的认识。进一步的研究和探索将有助于优化设计和施工实践,提高桥梁结构的安全性、耐久性和可靠性。然而,需要指出的是,本研究还存在一些局限性,如样本数量和测试条件的限制等。未来的研究可以进一步扩大样本规模、深入探究其他影响因素,并开展更加全面和详细的实验与分析。期待这些努力能够为连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能提供更多的理论支持与实用指导,为桥梁工程的发展做出贡献。

#### [参考文献]

- [1]李稳,秦立龙,潘登等.不同冻融周期下钢桥面铺装结构环氧沥青黏结剂性能研究[J].四川水泥,2023(8):201-203.
  - [2]叶文亚,王德结,张学文.温度对钢桥面铺装结构中UHPC与沥青层黏结性能的影响[J].山东交通科技,2023(1):21-23.
  - [3]刘璐霞,王立东,蒋婷婷.钢桥面铺装结构层疲劳寿命预估模型和试验研究[J].合成材料老化与应用,2022,51(6):65-67.
  - [4]徐富兴.温度效应下钢桥面铺装结构应力分析[J].四川建材,2022,48(1):138-139.
  - [5]郭桂林.钢桥面铺装结构设计施工方案优化[J].建筑技术开发,2021,48(21):5-6.
  - [6]黄若昀,张辉,崔磊.超高性能混凝土钢桥面铺装组合结构弯拉疲劳性能研究[J].交通科技,2021(4):65-69.
- 作者简介:张远(1987.11—),毕业院校:长安大学,所学专业:道路与铁道工程,当前就职单位:陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司,职务:工作人员,职称级别:中级工程师。