

公路桥梁混凝土裂缝原因与防治措施

王杭杭

新疆塔建三五九建工有限责任公司 新疆 阿拉尔 843300

摘要：混凝土裂缝是桥梁结构中常见的病害之一，对桥梁的安全性和耐久性构成了严重威胁。通过对裂缝成因的 detailed 分析，包括温度变化引起的裂缝、钢筋破坏、锈蚀问题、沉陷裂缝原因等多方面，本文提出了针对性的防治措施，旨在提高桥梁结构的稳定性和延长使用寿命。通过加强设计阶段的考虑、优化施工工艺、强化养护管理等手段，可以有效减少混凝土裂缝的产生，确保桥梁的安全运行。

关键词：公路桥梁；混凝土裂缝原因；防治

引言

随着交通运输业的快速发展，公路桥梁作为重要的交通基础设施，承担着日益增长的交通荷载。然而，桥梁在使用过程中，常常会出现混凝土裂缝的问题，这不仅影响了桥梁的美观和舒适度，更重要的是对桥梁的结构稳定性和安全性构成了潜在威胁。混凝土裂缝的形成原因多种多样，涉及设计、施工、材料、环境等多个方面。因此，深入研究混凝土裂缝的成因及其防治措施，对于保障桥梁的安全运行、延长使用寿命具有重要意义。

1 公路桥梁施工中裂缝的成因

1.1 温度变化引起的裂缝

在大体积混凝土施工中，水泥的水化过程是一个关键的热力学过程。水泥与水反应会释放出大量的水化热，这些热量在混凝土内部积聚，导致混凝土温度显著升高。由于混凝土的热传导性能相对较差，特别是当其表面与外界环境直接接触时，表面的热量能够迅速通过对流和辐射的方式散失到空气中，因此混凝土表面的温度上升幅度相对较小。然而，在混凝土结构的内部，由于热量散失的途径有限，且受到周围混凝土的阻碍，热量散失速度较慢，导致内部温度持续上升，形成内外温差。这种温差效应随着混凝土龄期的增长而愈发明显，因为随着时间的推移，混凝土的强度和刚度（即弹性模量）逐渐提高，对温度变化的抵抗能力增强，但同时也使得混凝土内部因温度降低而产生的收缩应力增大。当混凝土内部由于温度下降而产生的拉应力超过了其本身的抗拉强度时，温度裂缝便应运而生。这些裂缝往往沿着混凝土结构中的薄弱区域或应力集中点发展，如施工缝、钢筋位置等，形成不规则的网络状、平行状或放射状裂缝^[1]。裂缝的出现不仅破坏了混凝土的连续性，降低了结构的整体刚度，还可能成为水分、空气及有害化学物质侵入的通道，加速混凝土的劣化过程。此

外，在冬季施工中，温度裂缝的形成机制又有所不同。低温环境下，混凝土的凝结硬化速度加快，但强度发展却相对滞后，这使得混凝土在未达到足够强度前就已受到低温的影响，容易产生早期开裂。特别是当混凝土外部的保护措施（如保温层、塑料薄膜等）过早去除，或者遭遇突然的气温骤降时，混凝土表面温度迅速下降，而内部温度由于水泥水化热的持续释放而相对较高，形成内外温差，加剧了混凝土内部的拉应力，从而促进了收缩裂缝的形成。

1.2 钢筋破坏、锈蚀问题

钢筋锈蚀是一个电化学过程，涉及钢筋表面的阳极氧化和阴极还原反应。当钢筋处于含有水分和溶解氧的环境中时，如果钢筋表面存在电位差（如由于杂质、缺陷或不同材质的接触），就会形成原电池，导致钢筋开始锈蚀。锈蚀过程中，铁被氧化成铁的氧化物，体积膨胀可达原体积的2到6倍。这种体积膨胀对周围的混凝土产生巨大的压力，导致混凝土内部产生微裂缝，随着锈蚀的加剧，这些微裂缝逐渐扩展、连通，最终可能形成肉眼可见的宏观裂缝，严重影响混凝土的保护作用和结构的整体稳定性。随着时间的推移，钢筋锈蚀问题日益严重，钢筋的有效截面面积不断减小，导致钢筋的承载能力大幅下降。在极端情况下，钢筋可能因锈蚀严重而发生断裂，这不仅会直接导致桥梁结构的局部或整体失效，还可能引发灾难性的事故^[2]。同时，锈蚀产生的铁锈粉末和腐蚀性物质会通过混凝土的裂缝渗透到桥面或路面，进一步加速混凝土的劣化和剥落，形成恶性循环。最后，钢筋锈蚀还会影响桥梁的抗震性能。锈蚀导致钢筋与混凝土之间的粘结力减弱，降低了结构的整体刚度和耗能能力，使得桥梁在地震等自然灾害面前更加脆弱。

1.3 沉陷裂缝原因

一方面，沉陷裂缝的形成，首先与公路桥梁基础结

构部位的土质不均匀密切相关。在桥梁建设中,地基土质的均匀性是影响桥梁稳定性的关键因素之一。当基础结构下的土质存在显著差异,如存在软弱土层、古河道、暗沟等不良地质条件时,这些区域在荷载作用下容易发生沉降,导致上部结构产生不均匀变形。当这种变形超过混凝土的抗拉强度时,就会在混凝土内部产生拉应力,进而引发沉陷裂缝,特别是在大体积混凝土结构中,由于混凝土体积庞大,自重和荷载作用下的应力分布更加复杂,使得沉陷裂缝的出现更为普遍。另一方面,基坑长时间被水浸泡也是导致沉陷裂缝的重要原因之一,在桥梁施工过程中,基坑的排水和防水工作至关重要。如果基坑排水不畅或防水措施不到位,地下水或雨水就会渗入基坑,导致基底土壤软化、承载力下降。随着时间的推移,这种软化现象会逐渐加剧,最终导致基础结构发生沉降,进而在混凝土中产生沉陷裂缝。此外,软土地基位置也是沉陷裂缝易发区域。软土地基具有压缩性高、承载力低、抗剪强度弱等特点,在荷载作用下容易发生较大的沉降。当桥梁建设在软土地基上时,如果未采取适当的加固措施,如桩基、换填等,就难以保证基础结构的稳定性。在长期的荷载和环境因素作用下,软土地基会逐渐发生固结沉降,导致桥梁上部结构产生不均匀变形,进而引发沉陷裂缝。

2 公路桥梁施工中裂缝的预防措施

2.1 加强混凝土的温度控制

从混凝土的搅拌阶段开始,就需要严格控制原材料的温度。在炎热的夏季,水泥和砂石等原材料的温度往往较高,这会导致混凝土在搅拌过程中的温度升高。为了降低混凝土拌合物的温度,可以采取在水中加冰的方法来降低水温,从而降低混凝土的初始温度。同时,对于砂石等骨料,可以在存放区域搭建遮阳棚,避免阳光直射,有效降低砂层的温度。这些措施可以有效减少混凝土在搅拌过程中的热量积累,为后续的施工过程打下良好的基础。而在混凝土的运输过程中,同样需要采取温度控制措施,由于运输车辆在阳光下暴晒,车厢内的温度会迅速升高,从而影响混凝土的温度。为了解决这个问题,可以在运输车的两侧安装喷水管道,利用冷水对车厢进行降温^[3]。这样不仅可以降低混凝土在运输过程中的温度,还可以保持混凝土的湿润状态,防止混凝土在运输过程中因水分蒸发而干缩开裂。此外,在混凝土浇筑和养护阶段,也需要采取一系列措施来控制混凝土的温度。在浇筑过程中,可以采用分层浇筑的方法,每层浇筑完毕后及时覆盖保湿材料,以减少混凝土表面的水分蒸发和温度下降。同时,还可以在混凝土结构中嵌

入冷却管,通过循环冷却水来排出混凝土内部的热量,有效降低混凝土的内部温度。这种方法在大型混凝土结构中尤为有效,可以显著降低混凝土的温升速率和峰值温度,从而减少温度裂缝的产生。

2.2 设置永久变形缝

在高层公路桥梁和裙房中,变形缝通常被设置在结构受力较为集中的部位,如梁柱交接处、墙体转角处等。这些位置往往是结构变形最为显著的地方,通过设置变形缝,可以有效地释放结构内部的应力,避免应力集中导致的结构破坏。同时,变形缝的位置还需考虑结构的整体布局和美观性,确保变形缝的设置不会对结构的整体外观和使用功能造成不良影响。另外,变形缝的宽度和形式也是设计过程中需要重点考虑的因素。变形缝的宽度应根据结构的变形量和变形速率进行合理确定,以确保变形缝在结构变形过程中能够充分发挥其作用。并且,变形缝的形式也需根据结构的实际情况进行选择,如平面式、凹凸式、橡胶嵌缝条式等。不同的形式具有不同的特点和适用范围,应根据结构的变形特点、荷载条件以及防水要求进行综合考虑,选择最为合适的变形缝形式。除此之外,在确保变形缝的位置、宽度和形式合理时,还需特别关注变形缝处的防潮和防水性能。为了确保变形缝处的密封性和耐久性,通常采用防水暗埋结构和分体结构相结合的方式。防水暗埋结构通过在变形缝处设置弹性防水材料,如橡胶止水带、聚氯乙烯止水带等,这些材料具有良好的弹性和耐老化性能,能够适应变形缝的变形要求,同时有效地阻止水分和潮气的侵入。分体结构则通过预留的变形空间,允许结构在变形过程中保持一定的灵活性,同时防止水分和潮气的侵入,这种结构形式不仅具有良好的防水性能,还能够适应结构变形的要求,确保结构在长期使用过程中的稳定性和安全性。

2.3 避免超荷载

在路桥设计、施工及运营维护的全生命周期中,荷载控制始终占据核心地位。随着城市化进程的加速和交通量的不断增长,公路桥梁所承受的荷载日益增加,超荷载问题愈发凸显,对桥梁结构的稳定性和耐久性构成了严重威胁。因此,从规划、设计到施工、管理的每一个环节,都需严格把控,确保桥梁结构能够承受设计范围内的荷载,有效避免裂缝等损伤的产生。在规划与设计阶段,设计者需深入考虑路桥区的特殊性和未来发展需求,确保设计方案既符合当前交通流量的实际需求,又预留足够的承载能力以应对未来交通量的增长。这要求设计者充分调研和分析交通流量数据,结合区域发展

规划,科学预测未来交通量的变化趋势,从而合理确定桥梁的跨径、结构形式及材料选型等关键参数。在施工阶段,避免超荷载的关键在于施工质量和施工管理的精细化。施工前,施工团队应对施工图纸进行详尽的分析和研究,确保对设计意图有充分的理解。对于图纸中存在的疑问或不明确之处,应及时与设计方进行沟通,确保施工过程中的每一个细节都符合设计要求^[4]。此外,在施工过程中,还需严格控制原材料的质量,确保混凝土、钢筋等关键材料的性能符合设计要求,从而从源头上保障桥梁结构的承载能力。最后,在桥梁运营维护阶段,避免超荷载同样至关重要。运营管理部门应建立健全的桥梁监测和评估体系,定期对桥梁结构进行检查和评估,及时发现并处理潜在的隐患和问题。对于发现的结构损伤或裂缝等问题,应迅速采取措施进行修复和加固,防止问题进一步恶化。同时,运营管理部门还需加强对交通流量的监控和管理,根据交通流量的实际情况,适时调整交通组织方案,避免桥梁长时间承受超过设计荷载的交通流量。

2.4 加强养护管理

(1) 养护管理需要建立完善的监测体系,这包括对桥梁结构的定期检查、实时监测以及数据分析。定期检查是发现桥梁结构问题的第一步,通过专业人员的现场观察和检测,可以及时发现桥梁的裂缝、剥落、锈蚀等异常现象。实时监测则是利用现代传感器技术和远程监控系统,对桥梁结构的关键部位进行24小时不间断的监测,及时发现结构的微小变形和应力变化。数据分析则是对监测数据进行整理和分析,通过对比历史数据和变化趋势,评估桥梁结构的健康状况,预测潜在的风险和问题。(2) 养护管理需要制定科学的维修计划,一旦发现桥梁结构存在问题,就需要立即启动维修程序。维修计划应根据问题的严重程度、紧急程度以及维修资源

的可用性进行合理安排。对于紧急且严重的问题,如桥梁主体结构的严重裂缝或变形,应立即采取紧急措施进行修复,确保桥梁的安全通行。对于一般性的问题,如桥梁附属设施的损坏或老化,则可以根据维修资源的安排,逐步进行修复或更换。维修计划还应考虑长期维护的需求,制定定期检查和维修的周期,确保桥梁结构的持续稳定。(3) 在养护管理过程中,还需特别关注桥梁结构的防水和排水问题,桥梁结构的防水性能直接影响到结构的耐久性和安全性。如果桥梁结构存在漏水或积水问题,会导致结构内部的腐蚀和破坏,严重影响桥梁的使用寿命。因此,养护管理应加强桥梁结构的防水处理,采用先进的防水材料和技术,确保桥梁结构的防水性能。

结语

综上所述,公路桥梁混凝土裂缝的成因复杂多样,包括温度变化、地基沉降、交通荷载、施工工艺等多种因素。为了有效防治混凝土裂缝,需要从设计、施工、养护等多个环节入手,综合考虑各种因素,采取针对性的措施。通过加强混凝土的温度控制、设置永久变形缝、避免超荷载等手段,可以有效减少混凝土裂缝的产生,提高桥梁结构的稳定性和耐久性。

参考文献

- [1] 赵光华.公路桥梁混凝土质量通病成因及防治措施[J].运输经理世界,2020(16):131-132.
- [2] 李金星,刘海瑞,李遵方.公路桥梁工程混凝土外观质量通病防治措施[J].砖瓦,2021(10):117-118.
- [3] 杨晓松.公路桥梁混凝土质量通病成因及防治措施[J].交通世界,2021(23):173-174.
- [4] 崔亚林.混凝土施工技术 in 公路桥梁工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2021(30):1737-1738.