

高原地区预制 T 梁裂缝控制的创新技术与工程应用

邓旭

四川路桥盛通建筑工程有限公司, 四川 西昌 615000

[摘要]随着桥梁工程的不断发展,高原高海拔地区的建设面临独特的挑战,其中预制 T 梁表面裂缝的控制技术成为保障结构可靠性和耐久性的重要考量。高原地区的极端气候条件,昼夜温差大、气温波动显著,对桥梁结构提出了严格的要求。本研究旨在探讨高原高海拔地区桥梁工程的特殊环境和施工背景,以及如何通过创新的预制 T 梁表面裂缝控制技术,应对这些挑战,确保工程的安全性和可持续性。

[关键词]高原地区; 预制 T 梁; 裂缝

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11244

中图分类号: U455.47

文献标识码: A

Innovative Technology and Engineering Application of Crack Control in Prefabricated T-beams in Plateau Areas

DENG Xu

Sichuan Road and Bridge Shengtong Construction Engineering Co., Ltd., Xichang, Sichuan, 615000, China

Abstract: With the continuous development of bridge engineering, the construction of high-altitude areas on the plateau is facing unique challenges. Among them, the control technology of surface crack on prefabricated T-beams has become an important consideration for ensuring the reliability and durability of the structure. The extreme climate conditions in plateau areas, such as large temperature differences between day and night and significant temperature fluctuations, have put forward strict requirements for bridge structures. This study aims to explore the special environment and construction background of bridge engineering in high-altitude areas of the plateau, as well as how to address these challenges and ensure the safety and sustainability of the project through innovative surface crack control technology for prefabricated T-beams.

Keywords: plateau areas; prefabricated T-beams; crack

引言

高原高海拔地区桥梁建设一直以来都面临着严峻的气候和地理条件,极端的温度波动、季风气候和特殊的地形特征,给桥梁的设计、施工和维护带来了额外的挑战。预制 T 梁表面裂缝的产生不仅影响桥梁结构的美观性,更可能对其安全性和耐久性造成潜在威胁。因此,为了确保桥梁在这一复杂环境中能够安全、可靠地运行,有必要深入研究并创新表面裂缝控制技术。

1 工程概述

久马高速公路位于马尔康市梭磨乡,起讫桩号为 K216+799-224+300,全长 7.501 公里。该路段按沿溪线布设,包括主线 3 座大桥 1075 米/3 座,王家寨互通匝道桥 3367.53 米/13 座,其中大桥 3280.53 米/12 座,中桥 87 米/1 座。施工区域属于高原高海拔地区,气候为大陆性季风气候,具有明显的山地气候特征,年平均气温在 5.5-8.6 摄氏度之间,年降水量在 760.9-856 毫米之间。工程所处的山地气候环境,以及高寒地区的特殊气候条件,使得工程面临干旱、洪涝、冰雪、霜冻等灾害性气候的挑战。地形陡峭,岭峦起伏,沟壑纵横,临近的河流容易发生泥石流、滑坡等山地灾害。这些因素对工程施工和结构安全提出了极高的要求。因此,在工程设计和施工过程中,需充分考虑并采取相应的措施以适应和抵御这些自然环境的挑战。

2 表面裂缝成因分析

2.1 混凝土自身收缩

在预制 T 梁的施工过程中,混凝土自身收缩是表面裂缝产生的主要原因之一。由于工程规模较大,混凝土浇筑中的水化热使得混凝土内部产生温度应力,在初期可能表现为表观裂纹,但如果不及时维护,温度和外界压力的影响下,这些表观裂纹可能逐渐发展为深度和贯通性的裂纹,严重影响到桥梁的设计承载能力。在实测中,发现在浇注 3 小时后,预制 T 梁的温度出现上升,而中间部分的最高温度呈下降趋势,表明混凝土自身的收缩现象在浇筑后的早期即可观察到。混凝土收缩类型主要包括塑性收缩和缩水收缩(干缩),以及自生收缩和碳化收缩。混凝土收缩程度受多个因素影响,包括水泥品种、水泥牌号、掺和料种类、水灰比、外加剂、养护方法、外界环境、振捣方式和时间^[1]。因此,在工程中需要综合考虑这些因素,采用适当的混凝土配比和施工工艺,以最大程度地降低混凝土的自身收缩,从而减缓表面裂缝的生成。

2.2 昼夜温差和日照时间差异

案例工程所在地区夜间和白天的昼夜温差较大,且施工时间跨度较长,因而昼夜温差和日照时间的差异成为导致预制 T 梁表面裂缝的重要因素。白天气温可高达 30℃,而夜间则可能降至-15℃。这极端的温差导致混凝土内部

应力波动加大,容易引发表面裂缝。由于预制 T 梁结构的特殊性,左右两侧混凝土在温度和湿度上可能发生不协调的变化。在夏季,白天阳面混凝土水分蒸发和温度升高较为迅速,呈现膨胀趋势,而阴面混凝土则因蒸发缓慢,呈现收缩趋势。

为了有效控制昼夜温差和日照时间的差异对预制 T 梁的影响,在浇注混凝土时避免在正午阳光最强烈的时候进行,减少阳面混凝土的暴露时间;在浇筑后,加强对阳面混凝土的早期养护,保持其 24 小时持续潮湿,以防止过快的水分蒸发。此外,针对日照时间差异较大的情况,采取覆盖布、调整施工时间、增加喷水养护力度等手段,以平衡阴阳面混凝土的温度和湿度,有效预防裂缝的发生。

2.3 冻胀

在案例工程所处的高原商海拔地区,冻胀成为导致预制 T 梁表面裂缝的另一主要原因。由于该区域夜间温度可能降至 -15°C ,混凝土在低温条件下会发生冻结,自由水转化为冰而膨胀 9%。这导致混凝土产生膨胀应力,形成裂纹。特别是在初凝阶段,混凝土的抗冻性较差,可能造成强度损失达到 30%~50%。

为了防止冻胀引起的裂缝,施工单位采取了相应的防冻措施。在冬季施工中,特别是在预应力孔道上,工程采取了保温处理,对预制 T 梁内设置了设计外冷却管,在浇筑后 24 小时不停地注入冷水,以迅速释放混凝土中的水化热,有助于防止冻胀开裂的发生,保障混凝土结构的完整性。

2.4 材料和工艺质量

施工材料和工艺质量对于预制 T 梁表面裂缝的形成具有重要影响。在高原高海拔地区的特殊气候条件下,对水泥、砂、石骨架、混合水和混合料等材料的选择至关重要。如果这些材料的质量不符合要求,很容易导致混凝土的开裂。在案例工程中,由于水泥、砂、石骨架等构成的混凝土质量未能符合标准要求,可能会引发混凝土裂缝。此外,不合理的浇筑、构件制作、起模、运输、堆放、拼装和吊装等施工工艺容易导致各种纵向、横向的裂缝,尤其是在细长的薄壁结构中更容易出现裂缝^[2]。在预制 T 梁的浇筑过程中,需要注重振捣力度,以确保混凝土的致密性,防止氧气的渗入,从而减小裂缝的发生概率。在拆除桥墩等过程中,选择在白天较热的时候进行拆除,以减少温度对混凝土的作用,并在拆除后及时进行保温处理,防止因气温突然下降对施工质量造成的不良影响。

3 益海拔预制 T 梁裂缝控制技术研究

3.1 加入适量的缓凝剂

为解决由混凝土自身收缩引起的预制 T 梁表面裂缝问题,采取了在混凝土中加入适量缓凝剂的措施。在该工程中,通过实测和测试发现,浇注后 3 小时内,预制 T 梁的温度出现上升,而中间最高温度有所降低,是因为缓凝剂中的羟基、氨基和羧基分子与水分子结合,在水泥表面形成水溶性薄膜,延缓了水泥的水化过程。具体而言,缓凝剂中的羟基与水化液形成配合物,从而降低了水泥的

水化速率。尽管整体水化热不变,但温度和冷却时间得到显著提高,从而有效抑制和控制裂缝的产生,有助于平衡混凝土内外温度的差异,减小温度变化对混凝土的影响,从而预防裂缝的形成。在混凝土中添加适量的缓凝剂,可以有效控制混凝土的水化速率,降低水化热的释放速度,从而减缓混凝土的收缩过程,减少由混凝土自身收缩引起的裂缝发生的可能性。

3.2 加强对预制 T 梁的早期养护

3.2.1 防止阳面混凝土蒸发过快

为解决由昼夜温差和日照时间差异引起的预制 T 梁表面裂缝问题,采取了加强早期养护的方法,着重防止阳面混凝土蒸发过快。在该工程中,特殊的气候条件下,白天最高气温可达 30 摄氏度,而夜间降至 -15 摄氏度,日照时间差异显著,尤其在施工中浇注混凝土时,需要对阳面混凝土进行有针对性的养护。具体而言,施工时尽量避免在正午阳光最强烈的时候浇注混凝土,以减少阳面混凝土的曝晒时间^[3]。在浇筑混凝土后,要确保阳面混凝土持续保持潮湿,加大喷水养护的力度,可以有效增加阳面混凝土的湿润度,弥补由于阳光暴晒导致的水分蒸发过快,防止裂缝的形成。在中午时,可以在阳面混凝土外部加设遮阳措施,如添加一块布,减少太阳直射表面的混凝土曝晒时间,有利于温度的均衡变化。通过合理安排养护措施,特别是对阳面混凝土的重点保护,有助于维护混凝土的湿润度,减小水分损失,有效控制昼夜温差和日照时间差异对预制 T 梁表面裂缝的不良影响。

3.2.2 夜间阴面混凝土防冻措施

为应对昼夜温差和日照时间差异带来的预制 T 梁表面裂缝问题,特别关注夜间阴面混凝土的防冻措施。具体而言,在夜间,阴面混凝土易结冰,为防止这一情况发生,在阴面混凝土上加装电热毯,以提供额外的热源,有效防止混凝土突然结冰的可能性,在阴面混凝土的保护上起到了稳定温度的作用,避免了因低温导致的冻胀问题,有效降低了阴面混凝土在寒冷环境中受到的不利影响,保障了混凝土的整体质量。因此,夜间阴面混凝土的防冻措施在高原高海拔地区的预制 T 梁工程中具有重要作用,通过合理而有力的手段确保混凝土在极端低温环境下的正常养护,有效预防表面裂缝的发生。

3.3 合理安排混凝土浇筑顺序和时间

3.3.1 考虑温度变化和保温处理

为解决由温度变化引起的预制 T 梁表面裂缝问题,特别考虑了温度变化和保温处理的措施。在施工中采取了合理的混凝土浇筑顺序和时间,特别是在冬季施工中对混凝土进行了保温处理,通过在预制 T 梁内设置大量的设计外冷却管,在浇筑后 24 小时内不停地注入冷水,迅速释放混凝土中的水化热,有助于防止温度梯度引起的裂缝,并促使混凝土的均匀固化。在混凝土浇筑完成后,采用土工织物和棉被等材料进行覆盖,并在必要时使用电热毯进行加热,以保持混凝土表面的适宜温度。特别对于预制 T

梁的内外墙,由于存在较大的温差,设置了大面积的散热孔,24小时由专人进行喷水冷却,有效降低了温度变化对混凝土表面的影响,有力地防范了温度引起的裂缝问题。因此,通过充分考虑温度变化并采取相应的保温处理措施,能够有效预防混凝土表面裂缝的发生,确保预制T梁在复杂气候条件下的施工质量。

3.3.2 控制浇筑厚度和速度

为解决冻胀引起的预制T梁表面裂缝问题,采取了控制浇筑厚度和速度的有效措施。在该工程中,考虑到在冬季施工中混凝土易受冻胀影响,通过合理控制浇筑厚度和速度来降低温度梯度对混凝土的不良影响。具体而言,工程在浇注混凝土时采用了分层浇筑的方法,每层浇筑厚度控制在60厘米左右,有利于确保混凝土水化热能够迅速扩散,减缓温度梯度的形成,有效降低了由于温度梯度引起的冻胀风险。此外,对于预制T梁的内外墙,设置了大量的设计外冷却管,24小时不停地注入冷水,迅速释放混凝土中的水化热,降低了温度梯度。在施工过程中,特别是在寒冷条件下,要避免混凝土浇筑速度过快,合理控制浇筑速度,有助于避免由于急速浇筑引起的温度梯度过大,降低了冻胀的发生概率。

3.4 严控施工材料和工艺

3.4.1 选用适应低温的混凝土

为解决由低温引起的预制T梁表面裂缝问题,特别考虑了选用适应低温的混凝土。在该工程中,由于高原高海拔地区的特殊气候条件,选择了具有高活性、高水化热的低温混凝土,以确保混凝土在低温环境下仍能保持优越的性能。具体而言,对混凝土中的水泥、砂、石料等原材料进行了严格筛选,确保其适应低温环境的要求。特别是对水泥的选择,采用了品种水平较高、水化热较大的水泥,以提高混凝土的抗寒性和耐久性。此外,为保证混凝土的整体质量,严格按照《钢筋混凝土施工及验收规范》的规定选用和应用外加剂,以满足低温混凝土的工程要求。通过选用适应低温的混凝土,确保了混凝土在高原高海拔地区的施工过程中能够适应寒冷气候,有效降低了低温对混凝土的不利影响,有助于提高混凝土的耐寒性,减缓水化热释放速率,降低了温度梯度,有效预防了由低温引起的裂缝问题。

3.4.2 控制拉螺栓的使用率

为解决由拉螺栓使用引起的预制T梁表面裂缝问题,采取了控制拉螺栓使用率的有效措施。在该工程中,拉螺栓是桥体下部结构加固中常用的一种方法,但过度使用可能导致表面裂缝的发生,尤其是在受冻胀影响的条件下。具体而言,对于拉螺栓的使用率,在下结构的施工过程中,对拉螺栓的使用率降到了最低限度,特别是对于拉螺栓下表面形成的毛细孔,采取了有效的防护措施,减少了其受水压影响的风险,防止了浅透引起的裂缝问题。通过控制拉螺栓的使用率,工程有效降低了引起表面裂缝的潜在因素,提高了预制T梁的整体结构稳定性,有助于确保预制T梁在施工和使用过程中能够减少表面裂缝的发生,提高

了其抗冻胀性能,从而保障了桥梁结构的安全性和耐久性。

3.4.3 加大振捣力度,降低氧气渗透

为解决混凝土塑性收缩引起的预制T梁表面裂缝问题,采取了加大振捣力度的有效措施。在该工程中,混凝土的致密度与氧气渗透直接相关,而振捣是一种有效的手段,可以提高混凝土的致密性,降低氧气渗透的可能性。具体而言,在混凝土浇筑过程中,采用了适当的振捣设备,通过调整振捣参数,使混凝土能够充分泌流并排除内部气泡,降低了氧气渗透的可能性。这一措施有助于减缓混凝土的塑性收缩过程,防止裂缝的产生,有助于保护混凝土内部钢筋免受氧化腐蚀,提高了预制T梁的整体耐久性和抗裂性能。

3.4.4 在拆除桥墩时选择适宜的时段

为了解决在拆除桥墩时可能引起的裂缝问题,采取了选择适宜的时段进行拆除的有效措施。在该工程中,拆除桥墩是一个复杂的工序,选择合适的时段进行操作对于最小化温度变化对混凝土的影响至关重要。具体而言,为减少温度对混凝土的作用,工程在拆除桥墩的过程中选择在白天较热的时段进行操作,有助于降低混凝土的温度敏感性,减少在拆除后由于气温骤降引起的影响。同时,在拆除后及时进行保温处理,采用塑料保温被、稻草、塑料薄膜等材料进行覆盖,避免混凝土在温度急剧下降的情况下发生裂缝。通过选择适宜的时段进行桥墩拆除,并及时采取保温措施,工程有效地减缓了混凝土受温度变化影响的速率,降低了温度引起的表面裂缝的风险,有助于维护混凝土的完整性,提高了预制T梁的整体结构稳定性,从而保障了桥梁结构的安全性和耐久性。

4 结语

在高原高海拔地区的预制T梁表面裂缝控制技术研究中,工程通过精心的施工材料和工艺创新,成功化解了表面裂缝可能带来的各种挑战。针对混凝土自身收缩、昼夜温差、冻胀等问题,工程采用了缓凝剂、充实的早期养护、合理的浇筑顺序和时间、适应低温的混凝土等一系列创新举措。通过对各种因素的综合考虑和创新应对,工程在高寒地区桥梁建设中积累了宝贵的经验。这一研究为未来类似地区的桥梁工程提供了有益的指导,强调了在特殊气候和地理条件下,施工材料和工艺的创新是确保工程质量和耐久性的关键。

[参考文献]

- [1]刘同海.石红高速预制T梁混凝土外观质量控制[J].建筑技术开发,2021,48(2):116-118.
- [2]杨体刚.T梁表面裂缝防治措施[J].云南水力发电,2022,38(3):73-77.
- [3]田飞,曹利景,郑和晖,等.预制T梁张拉裂缝成因分析及控制措施研究[J].施工技术(中英文),2022,51(10):97-100.

作者简介:邓旭(1995.7—),男,四川大学锦城学院,土木工程,四川路桥盛通建筑工程有限公司,久马高速工程科科长,助理工程师。