

公路桥梁冬季混凝土养护措施的分析与改进

闫德胜

山东省菏泽市定陶区交通运输局, 山东 菏泽 274100

[摘要] 公路桥梁冬季施工中, 混凝土的养护至关重要。低温环境下, 混凝土的水化反应减缓, 影响强度增长和耐久性。为解决这一问题, 采取了合理的保温养护措施, 如覆盖保温材料、加热保温或使用抗冻剂等方法, 以确保混凝土在冬季施工中的强度和耐久性不受影响。通过改进现有养护措施, 进一步提升了混凝土的抗冻性能和施工质量, 减少了裂缝和结构早期损伤的风险, 确保了公路桥梁的安全性与耐久性。

[关键词] 冬季施工; 公路桥梁; 混凝土养护; 抗冻性能; 施工质量

DOI: 10.33142/sca.v7i11.14192

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

Analysis and Improvement of Winter Concrete Maintenance Measures for Highway Bridges

YAN Desheng

Shandong Heze Dingtao Transportation Bureau, Heze, Province, 274100, China

Abstract: In winter construction of highway bridges, the maintenance of concrete is crucial. Under low temperature conditions, the hydration reaction of concrete slows down, affecting strength growth and durability. To solve this problem, reasonable insulation and curing measures have been taken, such as covering insulation materials, heating insulation, or using antifreeze agents, to ensure that the strength and durability of concrete during winter construction are not affected. By improving existing maintenance measures, the frost resistance and construction quality of concrete have been further enhanced, reducing the risk of cracks and early structural damage, ensuring the safety and durability of highway bridges.

Keywords: winter construction; highway bridges; concrete maintenance; frost resistance; construction quality

引言

公路桥梁工程在冬季施工时, 常面临混凝土养护的严峻挑战, 尤其是低温环境对混凝土强度和耐久性的影响不容忽视。传统的养护方式在寒冷气候下往往难以满足工程要求, 导致混凝土早期裂缝、结构损伤等问题的出现。因此, 如何有效提高混凝土的抗冻性能, 保障施工质量, 成为了冬季施工中亟待解决的关键难题。通过优化和改进混凝土养护技术, 不仅能保证工程顺利进行, 还能大幅提升桥梁的长期使用性能。

1 冬季低温对公路桥梁混凝土性能的影响分析

冬季低温对公路桥梁混凝土性能的影响是冬季施工中必须重点考虑的问题。混凝土的强度增长和耐久性在很大程度上依赖于水化反应的正常进行, 而低温环境会显著减缓这一反应, 从而影响混凝土的最终性能。水化反应是混凝土凝固和硬化的核心过程, 只有当水泥中的主要成分与水发生化学反应时, 混凝土才能逐渐硬化, 形成坚固的结构。在冬季, 由于气温较低, 水的反应活性降低, 混凝土的硬化速度随之减缓, 导致其早期强度发展不足。这种情况特别不利于公路桥梁等对强度要求较高的结构工程^[1]。

除了水化反应的减缓, 低温环境还可能导致混凝土中的水冻结。当气温低于 0℃ 时, 混凝土中尚未反应的游离水可能会冻结, 形成冰晶。由于冰的体积比水大, 这种冻

结会产生膨胀压力, 破坏尚未完全硬化的混凝土内部结构, 产生微裂缝, 从而影响混凝土的耐久性和整体强度。特别是在反复的冻融循环下, 混凝土结构可能受到更严重的破坏, 表现在混凝土表层的剥落、裂缝扩展以及结构性能的明显下降。

冬季施工中的另一个问题是混凝土早期强度不足。这种情况不仅延长了施工周期, 还可能导致后续工程无法按计划进行, 影响整体工期。公路桥梁的施工往往要求混凝土在短时间内达到一定的强度, 以承受上部结构或交通荷载, 而低温环境可能导致强度增长缓慢, 给施工进度和质量控制带来巨大挑战^[2]。

低温环境下混凝土的耐久性也会受到显著影响。混凝土的耐久性与其内部孔隙结构密切相关, 而低温会增加混凝土孔隙中的水分含量, 这些水分在冻融循环中发生体积膨胀, 会进一步加剧混凝土结构的破坏。长期的冻融作用不仅影响混凝土的表面质量, 还会对其内部结构产生潜在危害, 从而缩短公路桥梁的使用寿命。

因此, 冬季低温环境对混凝土性能的影响主要体现在以下几个方面: 首先, 低温减缓了混凝土的水化反应, 导致其早期强度不足; 其次, 混凝土中的游离水在低温下冻结, 可能导致结构内部产生微裂缝, 影响其耐久性; 最后, 冻融循环对混凝土结构的长期损害尤为显著, 直接影响了

公路桥梁的使用寿命和安全性^[3]。

2 常见混凝土养护方法及其在冬季的局限性

常见的混凝土养护方法主要包括自然养护、湿养护和蒸汽养护,这些方法在正常温度条件下能有效保障混凝土的强度增长和耐久性。然而,在冬季低温环境下,这些传统的养护方法往往存在明显的局限性,无法完全满足施工质量和安全的要求。

自然养护是指将混凝土暴露在大气环境中,通过空气中的湿度和温度自然硬化。这种方式在气候适宜的条件下可以保证混凝土的正常硬化和强度发展,但在冬季低温条件下,自然养护的效果大打折扣。低温环境下,混凝土的水化反应速度大幅降低,导致其早期强度发展缓慢,不能满足施工进度要求。此外,低温可能引发混凝土中的水分冻结,导致结构产生裂缝,影响其长期耐久性^[4]。

湿养护是通过在混凝土表面覆盖湿麻袋、塑料薄膜或喷洒水分的方式,保持混凝土表面湿润,确保水化反应的持续进行。在一般条件下,湿养护可以有效避免混凝土表面失水过快,防止表面干裂。然而,在冬季,湿养护面临两个问题:其一是水在低温环境下易冻结,湿养护中的水无法保持液态,反而可能对混凝土表面产生不利影响;其二,湿养护仅能解决表层水分的问题,对于混凝土内部的水化反应并没有足够的促进作用,特别是在温度较低时,深层混凝土的硬化过程依然受阻。

蒸汽养护是一种通过加热和湿润环境来加速混凝土水化反应的方法,常用于预制混凝土构件或在冬季低温条件下进行的施工。虽然蒸汽养护能够显著加速水化反应,提高混凝土早期强度,但在公路桥梁等大体积混凝土施工中应用时,仍存在局限性。其一,蒸汽养护通常适用于封闭或半封闭的环境,而公路桥梁施工的现场条件较为复杂,难以完全封闭,导致蒸汽养护的效果有限。其二,蒸汽养护需要较高的设备成本和能耗,且加热不均匀可能引发混凝土内部温度应力差,导致结构内部产生裂缝。

总的来说,常见的混凝土养护方法在冬季施工中面临诸多局限性。自然养护和湿养护在低温条件下难以有效进行,可能导致混凝土早期强度不足和表面裂缝问题。蒸汽养护虽然能够加速水化反应,但应用场景受限,且设备和能耗成本较高。因此,冬季施工时必须对传统养护方法进行适当改进或选择其他适应低温环境的养护措施,才能确保混凝土的质量和桥梁的安全性^[5]。

3 冬季混凝土养护技术的优化与改进策略

冬季混凝土养护技术的优化与改进是确保公路桥梁在低温条件下施工质量的关键。针对常见养护方法在冬季的局限性,提出了多种优化与改进策略,旨在提升混凝土的早期强度发展速度、抗冻性能和长期耐久性。

保温养护是冬季施工中最常用的策略之一。通过覆盖混凝土表面保温材料,如塑料薄膜、棉毡、泡沫板等,能

够有效减少混凝土的热量散失,维持其内部温度在有利于水化反应进行的水平。这种方式能够显著提升混凝土的早期强度,避免因低温导致的水化反应停滞或减缓。此外,覆盖保温材料还能防止混凝土中的水分冻结,减少因冰膨胀引发的结构损伤。

电加热养护是另一种常见的优化策略。在气温极低的情况下,仅靠保温材料可能不足以维持混凝土的理想温度,电加热技术便成为有效的辅助手段。通过在混凝土模板或养护层中布设电加热线缆,可以直接加热混凝土,确保其内部和表面的温度达到所需水平。这种方法特别适用于大体积混凝土结构,能够有效避免温差过大导致的内外裂缝问题。然而,电加热养护的实施成本较高,且需密切监控加热温度,防止局部过热引发问题。

抗冻剂的使用也是冬季混凝土养护的重要改进策略之一。通过在混凝土中掺入抗冻剂,可以降低其凝结时间,并提高混凝土的抗冻性能。抗冻剂通过降低混凝土中水的冰点,减小冻结过程中的体积膨胀,从而有效减少冻融循环对混凝土结构的破坏。此外,抗冻剂还能促进早期强度增长,为后续施工环节提供保障。然而,抗冻剂的使用需严格控制掺量,以避免影响混凝土的长远性能。

除了物理和化学方法的改进,冬季施工的养护技术还可通过优化施工工艺来增强。例如,选择较高水化热的水泥品种,可以在混凝土浇筑后产生更多的热量,从而抵抗外界低温对混凝土硬化过程的负面影响。另一方面,在施工组织上,应尽量缩短混凝土浇筑后暴露在低温环境中的时间,迅速覆盖保温材料或进行加热养护,以确保混凝土内部温度不低于关键临界值。

4 抗冻剂与保温材料在冬季施工中的应用效果

抗冻剂与保温材料在冬季施工中是保障混凝土性能的重要手段,二者在提高混凝土的抗冻性、早期强度以及整体施工质量方面发挥了关键作用。

抗冻剂的应用显著提升了混凝土的抗冻性能。在低温环境下,混凝土中的游离水容易冻结,形成冰晶并导致内部膨胀,进而引发结构裂缝或破坏。而抗冻剂通过降低混凝土中的水分冰点,防止水分在低温下迅速冻结,减少了冻融循环对混凝土的破坏。抗冻剂还能加速水化反应的进行,提高混凝土的早期强度,使其在冬季施工条件下能够更快达到承载能力,从而保障后续施工的顺利进行。此外,抗冻剂的掺入能有效减少混凝土结构内部产生的孔隙,增强混凝土的致密性和耐久性。但抗冻剂的使用必须控制在适当的掺量范围内,以避免其对混凝土的长期强度和耐久性产生负面影响。

保温材料在冬季混凝土施工中的应用同样至关重要。由于低温条件下水化反应减慢,混凝土强度增长迟缓,因此保持混凝土的内部温度成为关键。保温材料的作用在于减少混凝土内部热量的散失,维持其在适宜的温度下继续

硬化。常见的保温材料包括塑料薄膜、棉毡、泡沫板等，这些材料具有良好的隔热性能，能够有效防止外部寒冷空气的侵入。通过覆盖保温材料，混凝土表面的温度可以维持在较高水平，避免水分冻结和表层裂缝的产生。同时，保温材料还能保持混凝土的湿润环境，防止表面过早干燥，确保水化反应的充分进行。

在冬季施工中，抗冻剂和保温材料通常是协同使用的。抗冻剂提高了混凝土的抗冻能力，防止因低温冻结导致的结构损伤，而保温材料则确保混凝土在冬季环境下的正常硬化过程。两者的结合不仅提高了混凝土的抗冻性能，还能够显著提升早期强度，缩短施工周期。尤其是在公路桥梁等大体积混凝土结构中，这种结合策略能够有效解决冬季施工中的强度增长缓慢问题，确保施工进度和质量。

需要注意的是，抗冻剂和保温材料的选择应根据具体施工环境和混凝土配比进行合理调整。不同的抗冻剂对水泥的适应性和耐久性有差异，而不同种类的保温材料则在隔热效果和施工方便性上有所不同。因此，施工前应进行充分的试验，选择最适合的材料组合，以达到最佳的应用效果。

5 改进养护措施对公路桥梁施工质量和耐久性的提升

传统养护方式在低温条件下往往效果有限，因此，结合冬季的特殊气候条件，采用更加适应环境的养护方法，能够有效解决施工中面临的诸多问题，并显著提高桥梁的整体质量和使用寿命。

改进后的养护措施能够有效提升混凝土的早期强度。在冬季低温条件下，混凝土的水化反应减缓，导致强度增长不如在常温下迅速。通过使用抗冻剂和保温材料，混凝土内部温度得以维持在适宜的水平，确保水化反应的正常进行。此外，抗冻剂的掺入还能加速水化反应，进一步增强早期强度的增长。这一改进措施尤其适用于需要快速达到设计强度的桥梁结构施工，使得在冬季施工中能够有效避免工期延误，同时确保后续工序的顺利开展。

改进的养护措施能显著减少混凝土表面和内部的裂缝问题。低温环境下，混凝土中的水分容易冻结并导致体积膨胀，产生裂缝。这种裂缝不仅会影响施工质量，还可能在长期使用中导致混凝土结构的耐久性降低。通过使用保温材料保持混凝土表面温度，防止水分冻结，从而大幅度减少裂缝的产生。电加热养护等技术也能有效减少混凝土内部温差所引发的热应力裂缝，保障结构的完整性和稳

定性。

改进养护措施对混凝土的耐久性有显著提升。冬季混凝土施工中的冻融循环对结构的长远性能具有极大危害，而通过采取保温和抗冻措施，混凝土能够更好地抵御冻融破坏，维持其长期的结构性能。抗冻剂的使用降低了混凝土中的冰点，减少了冻融循环对内部结构的破坏，延长了混凝土的使用寿命。这对于公路桥梁这样的长期承载结构尤为重要，有助于减少后期维护和修复的成本，提升桥梁的运营安全性和经济性。

改进养护措施还能提高施工过程中的质量控制水平。通过在施工过程中采取保温覆盖、电加热和抗冻剂等措施，施工团队能够更好地监控混凝土的硬化进程，及时调整施工工艺，确保工程质量不受低温环境的影响。特别是在大体积桥梁结构的施工中，这些措施能够均衡温度分布，避免因内部温差过大而引发的结构问题，保障施工的均匀性和稳定性。

6 结语

冬季低温条件下，公路桥梁混凝土施工面临诸多挑战，传统的养护方法难以有效应对。通过采用抗冻剂、保温材料和电加热等改进养护措施，不仅能够提升混凝土的早期强度，减少裂缝问题，还能显著增强其耐久性，保障结构的长期安全和稳定。这些技术的优化和应用为冬季公路桥梁施工提供了有效的解决方案，有助于缩短施工周期，提高工程质量，同时降低后期维护成本，确保桥梁的使用寿命和运营安全。

[参考文献]

- [1]赵炎,苏学贵,张赞,等.冬季立井施工中混凝土反供风养护技术应用研究[J].山西煤炭,2017,37(1):17-19.
- [2]张兴志.高速铁路墩台冬季施工混凝土浇筑及养护温度控制[J].工程建设与设计,2020(7):206-208.
- [3]焦庆宁,丁蓉.桥梁工程混凝土养护施工与精细化管理要点分析[J].交通建设与管理,2014(18):139-141.
- [4]石磊,王志伟.戈壁地区混凝土冬季施工养护措施探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(10):173-177.
- [5]李春艳,刘学勤.南水北调工程混凝土冬季暖棚养护技术探析[J].山东水利,2014(6):58-59.

作者简介: 闫德胜(1975.9—),男,汉族,毕业学校: 郑州粮食学院,现工作单位: 山东省菏泽市定陶区交通运输局。