

水利工程混凝土冬季施工浇筑及养护技术研究

龚建华

鄄城县引黄灌溉工程管理服务中心 山东 菏泽 274600

摘要: 通过深入研究水利工程混凝土冬季施工浇筑及养护技术,针对冬季低温环境对混凝土性能的不利影响,提出了预热法、控制水灰比、外部加热法及添加防冻剂等浇筑措施,以及保温覆盖、洒水养护(在适宜条件下)、延长养护时间和温度监控等养护技术。通过综合应用这些技术措施,有效提高了混凝土在冬季施工中的抗冻性、强度和耐久性,为水利工程的顺利建设和长期安全运行提供有力保障。

关键词: 水利工程;混凝土;浇筑;养护

1 混凝土冬季施工的一般原理

在混凝土施工作业过程中,水化现象是影响混凝土质量的重要环节,通常情况下,混凝土凝固硬度与水化作用时间长短有着密切的关系,很大程度上水化作用受温度变化的影响,将直接导致整个混凝土的质量。在条件相同的情况下,温度越高,水化时间越短其作用效果也越好,凝固硬度完全能够达到国家规定的标准要求,但是随着温度的逐渐下降,水泥水化作用的延长,进而影响了水化作用对水泥的硬度凝固,特别是在温度比较低的情况下,尤其是在零摄氏度以下,混凝土中的一部分水分会转化为固态冰,这时就大大影响水化作用的效果。如果温度持续降低,混凝土中的水分就会完全变成固态冰,进而就会影响水化作用的产生效果,致使混凝土强度就难以保证,严重影响水利工程施工的施工质量。

2 水利工程冬季施工混凝土浇筑施工的影响因素

在水利工程冬季施工中,混凝土浇筑施工受到多种因素的影响,这些因素直接关系到工程的进度、质量和安全。(1)低温环境的影响;当气温连续5天低于5℃,特别是晚间最低温度达到-3℃时,标志着水利工程进入冬季施工阶段。低温会显著降低混凝土的水化作用,减缓混凝土的硬化速度,进而影响其强度和耐久性,低温还会导致混凝土内部水分结冰,产生体积膨胀,增加混凝土内部应力,容易引发裂缝。(2)钢筋锈蚀与混凝土裂缝;在低温潮湿的环境中,钢筋容易发生氧化锈蚀,体积膨胀,从而沿着钢筋方向在混凝土内部产生裂缝。这不仅影响混凝土的结构完整性,还降低了结构的承载能力。除了钢筋锈蚀外,混凝土的水灰比过大、早期强度低、失水过快等因素也会导致裂缝的产生。裂缝的形成会进一步加剧混凝土的劣化,影响工程的整体质量^[1]。(3)混凝土和易性、流动性与保水性;低温条件下,混凝土的和易性变差,难以保证混凝土的均匀性和密实

性,进而影响混凝土的强度和质量。流动性是混凝土动态性能的真实反映,与拌合物的原料配比、坍落度大小密切相关。低温条件下,混凝土的流动性降低,增加了灌注和振捣的难度。保水性与混凝土的密实性、强度和耐久性密切相关。低温条件下,混凝土的保水性变差,容易导致泌水现象,进而产生表面起灰、骨料裸露等问题。(4)原材料选择与外加剂使用;水泥的选择直接影响混凝土的抗冻性。硅酸盐水泥因其抗冻性好而被广泛采用,骨料的含泥量和吸收率也是影响混凝土性能的重要因素。在冬季施工中,通过添加早强剂、速凝剂、防冻剂等外加剂,可以有效提高混凝土的抗冻性和施工效率,外加剂的使用需要严格控制用量和种类,以免对混凝土性能产生负面影响。(5)施工过程控制;在低温条件下进行混凝土浇筑时,需要严格控制浇筑速度和振捣质量,以确保混凝土的密实性和均匀性,还要做好混凝土的保温工作,防止热量过快散失。冬季混凝土施工后的养护尤为重要。必须采取有效的保温措施,如覆盖草毡、岩棉等保温材料,以确保混凝土在固化过程中保持适宜的温度,还要根据实际情况调整养护时间,确保混凝土达到规定的强度。

3 水利工程混凝土冬季施工浇筑方法

3.1 预热法

3.1.1 拌合水加热

拌合水是混凝土中重要的组成部分,其温度直接影响混凝土的初始温度。在冬季施工中,通常采用蒸汽加热或电加热的方式对拌合水进行预热。蒸汽加热系统利用蒸汽的潜热快速提高水温,但需要注意的是,蒸汽不得直接与拌合水接触,以防局部过热导致混凝土质量下降。电加热则更为灵活,可通过电加热器将水温精确控制在所需范围内。通过加热拌合水,可以有效提高混凝土的初始温度,促进水化反应,减少混凝土内部因低温

而产生的裂缝。

3.1.2 骨料预热

骨料（包括粗骨料和细骨料）占混凝土体积的大部分，其温度对混凝土的最终温度有重要影响。在冬季施工中，可对骨料进行预热处理，如采用蒸汽加热、热水淋洗或暖棚预热等方法。蒸汽加热和热水淋洗能够迅速提高骨料的表面温度，但需注意防止骨料内部水分过多蒸发导致混凝土工作性变差。暖棚预热则是一种更为温和的方法，通过搭建保温棚覆盖骨料，利用太阳辐射或内部加热设备提高棚内温度，使骨料在相对恒定的环境中缓慢升温。预热骨料可以有效减少混凝土在搅拌和运输过程中的热量损失，提高混凝土的入模温度。

3.1.3 水泥预热

虽然水泥在混凝土中的含量相对较少，但其水化反应是混凝土强度发展的关键因素。在冬季施工中，对水泥进行预热也是提高混凝土温度的有效手段之一，由于水泥的加热温度需严格控制以避免其发生化学变化或结块，因此通常不直接对水泥进行加热处理。相反，可以通过提高拌合水、骨料等原材料的温度来间接提高水泥的温度。在搅拌过程中，通过延长搅拌时间或采用高效搅拌设备也可以促进水泥的均匀分散和充分水化。

3.2 控制水灰比

3.2.1 降低水灰比

降低水灰比可以减少混凝土中的自由水含量，降低混凝土在低温下结冰膨胀的风险，较低的水灰比有助于形成更加密实和均匀的水泥石结构，提高混凝土的强度和耐久性^[2]。需要注意的是，过低的水灰比可能会导致混凝土的工作性变差，如流动性降低、和易性变差等，在控制水灰比时需要根据具体工程要求和气候条件进行综合考虑。

3.2.2 优化配合比

为了保证混凝土工作性的同时降低水灰比，需要对混凝土的配合比进行优化设计。这包括选择合适的水泥品种、调整骨料的级配和用量、添加适量的矿物掺合料等。通过优化配合比设计，可以在保证混凝土强度和其他性能要求的前提下，尽可能地降低水灰比，提高混凝土的抗冻性和耐久性。

3.3 外部加热法

3.3.1 覆盖保温材料

在混凝土浇筑完成后，应立即在其表面覆盖一层或多层保温材料（如草毡、岩棉、塑料薄膜等），以减少混凝土表面的热量散失并提高其内部温度。保温材料的种类和厚度应根据当地气温、风速等气候条件以及混

凝土的强度等级和厚度进行选择。覆盖保温材料是一种简单而有效的外部加热方法，可以显著提高混凝土的抗冻性和耐久性。

3.3.2 电热毯或加热管加热

对于需要快速提高混凝土温度或保持较高温度的情况，可采用电热毯或加热管等电热设备进行加热处理。电热毯通常铺设在混凝土表面或模板内侧，通过电流加热使混凝土温度升高；加热管则埋设在混凝土内部或模板周围，通过循环热水或蒸汽等介质进行加热。电热加热法具有加热速度快、温度控制精确等优点，但需要注意用电安全和防止火灾等风险。

3.4 添加防冻剂

3.4.1 选择合适的防冻剂

市场上存在多种类型的防冻剂，如氯盐类、非氯盐类以及复合型防冻剂等。在选择防冻剂时，需综合考虑其对混凝土性能的影响、环保要求、经济成本以及与其他外加剂的相容性等因素。氯盐类防冻剂虽然价格低廉且效果显著，但可能加速钢筋锈蚀，对混凝土长期性能产生不利影响，因此在使用时需谨慎。非氯盐类防冻剂则相对环保，对钢筋无腐蚀作用，但成本可能较高。复合型防冻剂则结合了多种成分的优点，能够提供更全面的保护。

3.4.2 控制防冻剂掺量

防冻剂的掺量应根据当地气温、混凝土强度等级、水灰比以及施工要求等因素进行确定。掺量过少可能无法达到预期的防冻效果，而掺量过多则可能影响混凝土的强度和耐久性，在使用防冻剂时，需严格按照厂家推荐或试验确定的掺量进行添加，并进行充分的试验验证。

3.4.3 注意防冻剂与其他外加剂的相容性

在冬季混凝土施工中，除了防冻剂外，还可能需要使用其他外加剂，如早强剂、速凝剂、减水剂等。这些外加剂与防冻剂之间的相容性需特别注意。不同外加剂之间可能发生化学反应，导致混凝土性能下降。在选择和使用外加剂时，需进行充分的试验验证，确保它们之间的相容性良好。

3.4.4 加强施工管理和质量控制

在添加防冻剂的混凝土施工过程中，需加强施工管理和质量控制。施工前应对防冻剂进行检验，确保其质量符合标准要求。施工过程中应严格控制防冻剂的掺量和搅拌时间，确保混凝土搅拌均匀，还需加强混凝土的养护工作，采取适当的保温措施，防止混凝土在硬化过程中受冻。

4 水利工程混凝土冬季施工养护技术措施

4.1 保温覆盖

在水利工程混凝土冬季施工的养护过程中,保温覆盖是一项至关重要的技术措施。由于冬季气温低,混凝土在硬化过程中容易受到低温的侵袭,导致强度发展缓慢、内部产生裂缝等问题,采取有效的保温覆盖措施,能够显著提高混凝土表面的温度,减少热量散失,促进混凝土的正常硬化。保温覆盖材料的选择应根据工程所在地的气候条件、混凝土强度等级及养护时间等因素综合考虑。常用的保温材料包括草席、草帘、岩棉、塑料薄膜、保温毡等。这些材料具有良好的保温性能和一定的防水功能,能够有效抵御低温、雨雪等不利因素^[3]。保温覆盖应在混凝土浇筑完成后立即进行,以避免热量过快散失。覆盖时,应确保材料紧贴混凝土表面,不留有空隙。对于大面积混凝土,可采用多层覆盖的方式提高保温效果,还需注意覆盖材料的搭接和固定,防止被风吹散或人为破坏。在保温覆盖过程中,应定期检查覆盖材料的完整性和保温效果。

4.2 洒水养护

虽然冬季气温低,但洒水养护在某些情况下仍然是必要的。洒水养护的主要目的是保持混凝土表面的湿润状态,防止混凝土因失水过快而产生干缩裂缝。然而,在冬季进行洒水养护时,需特别注意避免水分结冰对混凝土造成损害。在气温低于冰点以下时,应避免直接进行洒水养护。因为此时水分会迅速结冰,不仅无法起到保湿作用,反而可能增加混凝土内部的应力,导致裂缝产生。在冬季进行洒水养护前,需先对气温进行监测和评估。在无法直接洒水养护的情况下,可采用喷洒养护剂、覆盖湿布或塑料薄膜等方式进行保湿。这些方法能够在一定程度上减少混凝土表面的水分蒸发,保持其湿润状态,还需注意保持覆盖物的湿度,定期喷水以保持其湿润。在洒水或喷洒养护剂时,应确保混凝土表面已经初凝且强度达到一定程度,避免对混凝土造成破坏,还需注意控制洒水量和喷洒频率,避免过多水分导致混凝土表面泛浆或开裂。

4.3 延长养护时间

由于冬季气温低,混凝土硬化速度较慢,因此需适当延长养护时间以确保其达到足够的强度。延长养护时间有助于混凝土内部的水化反应更加充分进行,从而提高其强度和耐久性。养护时间的设定应根据混凝土强度等级、气候条件及施工要求等因素综合考虑。一般来说,在冬季施工中,混凝土的养护时间应比常温条件下延长至少一倍以上,具体时间还需根据工程实际情况进行调整。在延长养护时间的过程中,需继续采取保温覆

盖、洒水养护等措施以保持混凝土表面的温度和湿度。同时加强对混凝土的监测和检查,及时发现并处理可能出现的问题^[4]。在延长养护时间时,需特别注意避免混凝土长时间暴露在低温环境中。因为长时间低温暴露可能导致混凝土内部水分结冰、强度下降等问题,在养护过程中需密切关注气温变化,及时采取应对措施。

4.4 温度监控

温度监控是水利工程混凝土冬季施工养护过程中的一项重要技术措施。通过对混凝土表面及内部温度进行实时监测和记录,可以及时了解混凝土的硬化状态及受低温影响程度,为调整养护措施提供依据。常用的温度监测设备包括电子测温仪、热电偶等。这些设备能够准确测量混凝土表面及内部的温度,并将数据传输至记录设备或计算机进行分析处理。温度监测的频率应根据工程实际情况进行调整。一般来说,在混凝土浇筑初期及气温变化较大时,应适当增加监测频率以确保数据的准确性和及时性。通过对监测数据进行分析处理,可以评估混凝土的硬化状态及受低温影响程度,并据此调整养护措施。如发现混凝土表面温度过低或内部温度梯度过大时,应及时采取保温覆盖、加热等措施以提高混凝土温度并促进硬化过程。在进行温度监控时,需确保监测设备的准确性和可靠性,还需注意保护监测设备免受损坏或被盗。加强对监测数据的保密工作,防止泄露给无关人员或单位。

结束语

水利工程混凝土冬季施工浇筑及养护技术的研究与应用,对于确保工程质量、提高施工效率具有重要意义。通过不断优化浇筑工艺和养护措施,能够有效应对冬季低温环境对混凝土施工带来的挑战,保障水利工程的顺利推进和长期稳定运行。未来,随着技术的不断进步和创新,有理由相信水利工程混凝土冬季施工技术将会更加成熟和完善。

参考文献

- [1]匡正龙.水利工程混凝土冬季施工浇筑及养护技术[J].市场调查信息(综合版).2020(01):0158-0158
- [2]毛凤旗.水利供水工程混凝土施工质量控制探讨[J].四川建材,2022,48(5):113-114
- [3]顾介昌,钟琦.水利工程混凝土冬季施工浇筑及养护技术研究[J].东北水利水电.2024(01):11-13,40,71
- [4]潘宗龙,田树良.水利工程冬季施工混凝土浇筑施工技术[J].建筑工程技术与设计,2018,(22):3362.