

大体积混凝土施工技术及管理措施

王旭阳 朱璟

江苏润通项目管理有限公司 江苏江阴 212000

摘要: 现代社会对路桥结构质量的期望持续提高,混凝土因其成本低廉、材料易得及良好的可塑性等特点,在路桥工程中得到广泛应用。混凝土在固化过程中会发生水化反应,产生大量热量,导致构件出现裂缝,从而影响工程质量,增加工程事故的风险。在大体积混凝土结构施工中,由于构件体积庞大且施工环境复杂,应有效控制由水化热引起的内外部温差及其引发的变形问题,确保路桥结构施工质量。基于此,本文对大体积混凝土施工技术及管理措施进行探讨。

关键词: 大体积混凝土; 施工技术; 质量管理

引言:

大体积混凝土结构截面广泛、水化热量较大,由热量释放导致温差产生。当结构在使用过程中遭受极限拉应力超过其承载极限时,容易发生裂缝,从而降低混凝土的机械性能,在严重情况下可能导致结构坍塌,增加生活的安全隐患。应深入研究大体积混凝土的原材料选择、配比设计及质量控制,保障实际施工效果。

1. 工程概况

本工程为一座总长 2600m 的公路桥梁,桥梁宽度达到 32m,采用预应力混凝土结构,主跨设计为 520m,桥面设置六车道,以适应高交通流量的需求。该桥梁设计标准符合国家高等级公路桥梁设计规范,确保其结构安全与功能需求的充分满足。本工程采用 C50 高性能混凝土,此类混凝土具有较高的初期和后期强度,优异的耐久性,能有效抵抗恶劣环境的侵蚀。混凝土浇筑过程中,使用低温技术和掺加适量的粉煤灰与矿物掺合料,以控制混凝土的水化热,预防大体积混凝土施工中常见的温度裂缝。为保证施工质量,本项目严格执行《公路桥梁施工及验收规范》,在施工过程中设立多个质量控制点,施工团队还运用现代信息技术来提前模拟混凝土浇筑过程,优化施工方案,从而减少潜在的结构缺陷。

2. 大体积混凝土施工方法

2.1 施工方案

2.1.1 材料选用及配合比要求

在大体积混凝土施工项目中,选用的水泥应具有低热水泥特性,以减缓水化热的释放速率,降低温升效应,通常

选择具有细度不低于 280 m²/kg 的硅酸盐水泥。水泥的掺合料宜采用矿物粉体,如粉煤灰、硅灰,掺量不应超过水泥重量的 30%,以改善混凝土的工作性能。水的选择应确保无害化处理,符合 GB/T 1596-2005 标准,水胶比控制在 0.38-0.45 之间,以优化水化反应并确保混凝土的紧密性与耐久性。粗骨料应采用碎石或碎砾,粒径分布应均匀,最大粒径不宜超过 31.5mm,以减少因骨料大粒径引起的内部应力集中问题;细骨料则应采用中砂,以改善混凝土的整体工作性,减少空隙率;骨料含泥量应严格控制在 1% 以内,确保混凝土具有良好的黏结性能,减少水泥浆体的流失。在配合比设计过程中,需考虑混凝土的早期和后期强度发展,确保在施工后 24h 内混凝土达到 10MPa 的初期强度,以支撑早期的施工负荷,保证 28d 龄期强度不低于 C60,满足结构设计要求。

表 1: 原材料化学成分 /%

原材料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	其他
水泥	17.4	4.62	3.35	58.54	0.39	2.14	13.5
粉煤灰	48.41	29.47	3.25	5.11	0.96	1.64	11.16

表 2: 大体积混凝土配合比设计 /kg/m³

编号	水泥	粉煤灰	水胶比	砂率	高效减水剂 /%
C60-0	600	0	0.4	0.5	1.3
C60-1	540	60	0.4	0.5	1.3
C60-2	420	120	0.4	0.5	1.3
C60-3	360	180	0.4	0.5	1.3
C60-4	300	240	0.4	0.5	1.3

2.1.2 浇筑方法

大体积混凝土浇筑应采用分层连续浇筑技术,减少由于温度差异引发的应力和裂缝。具体操作时,混凝土浇筑高度不应超过 2m,浇筑间隙控制在 30min 以内,确保混凝土

间的良好结合,防止冷缝的形成。为有效控制水化热,应使用预冷混凝土或掺加冰水混合料降低初始浇筑温度,将混凝土的初始浇筑温度控制在 15°C 以内,减缓水化速率,从而控制内部温升,预防裂缝发展。适宜的振捣方法是确保混凝土密实性的重要因素,应使用高频振动棒进行深层振捣,振捣时间依据混凝土的流动性进行调整,每点振捣时间为 $30\text{s}\text{—}1\text{min}$,确保混凝土中的气泡充分释放,增强混凝土的整体结构性能。在浇筑过程中还应实施实时温度监控,使用嵌入式温度传感器监测表面温度,以精确调整浇筑速度^[1]。

2.1.3 振捣方法

合理的振捣技术可以有效消除混凝土中的气泡,增强其紧实度,并优化结构的力学性能。在选择振捣设备时,应使用高频振动棒伸入混凝土内部,实现有效的振动深度。振动深度应根据混凝土浇筑层的厚度调整,确保振动能够覆盖整个浇筑层,将振动棒插入上一层已振捣的混凝土中约 $10\text{—}15\text{cm}$,以保证层与层之间的良好结合。在实施振捣过程中,振动棒的插入间距应控制在 $30\text{—}50\text{cm}$ 之间,确保每个区域都能被充分振捣,从而消除未振捣区域。振捣时间依混凝土的具体性质而定,每点振捣持续 $15\text{—}30\text{s}$,避免过度振捣导致分层或水泥浆析出,振捣过程应从浇筑区域的一端开始,按顺序逐渐向另一端推进,以保持振捣的连续性。

2.2 冷却管制作与安装

冷却管系统由耐腐蚀材料制成,如聚乙烯、钢管,能承受混凝土浇筑过程中的高压,冷却管的直径、壁厚以及材质选择需基于工程设计的具体要求,满足冷却水循环系统的压力需求,确保系统的有效性。冷却管直径应控制在 $25\text{mm}\text{—}75\text{mm}$ 之间,壁厚则根据管材类型进行选定。安装冷却管时,其布局应符合工程设计要求,采用网格状或螺旋状布局实现最佳的冷却效果,管道应均匀分布于混凝土中,保证整个体积内的均匀冷却。安装过程中应注意冷却管与混凝土的良好接触,避免空洞导致的冷却效率下降,并在冷却管的接头处使用专用的连接件,确保整个系统的结构完整性。冷却管的安装深度应根据混凝土块的尺寸预先计算,达到预期的冷却效果,其间距通常在 $1.0\text{m}\text{—}1.5\text{m}$ 之间,从而在不影响结构强度的前提下有效控制混凝土内部的最大温差,预防裂缝的产生。

2.3 测温元件的埋设与测温

测温元件能够监管混凝土内部温度,控制水化热发展,

应使用热电偶或光纤传感器作为主要的测温工具,提供准确的温度读数,并承担混凝土浇筑过程中的高温和机械压力。热电偶一般由镍铬—镍硅合金制成,具有良好的热电性能,能在混凝土固化过程中持续提供温度数据。在混凝土浇筑前,应根据施工图纸要求预先设计测温点分布,需均匀分布在混凝土的不同部位,包括近模板区域、混凝土中心以及靠近冷却管的区域,以全面监控混凝土内的温度梯度,及时发现可能的热集中区域,预防裂缝的形成。测温点间距不应超过 3m ,确保足够的测量精度。测温元件的埋设应在混凝土浇筑过程中进行,避免对混凝土结构造成扰动,将热电偶的一端固定在预定位置,另一端连接至数据记录器。数据记录器应具备高数据采集频率,每 $10\text{—}15\text{min}$ 记录一次温度,以捕捉混凝土内部温度的动态变化。为确保数据的准确传输,应采用抗干扰的信号线缆,并适当设置防护措施以防水泥浆侵蚀^[2]。

3. 大体积混凝土施工质量管理措施

3.1 严格控制水泥选用

在大体积混凝土施工中,选择合适的水泥类型及其在混凝土拌合物中的掺量是控制水化热生成的关键,应使用低热型水泥,以有效降低水化热释放速率,减少混凝土内部温度的峰值。为进一步降低水化热的影响,可以在水泥拌合物中掺入适量的矿物掺合料如粉煤灰或硅灰,改善混凝土的工作性和抗渗性能,通过物理和化学反应机制降低水泥的有效用量,从而降低水化热。掺入 $20\%\text{—}30\%$ 的粉煤灰可以减少约 20% 的水化热,增强混凝土的终极抗压强度,进而优化水泥的使用效率,促进工业副产品的循环利用,符合可持续发展理念。严格控制水泥的选用和拌合物的掺量能有效控制大体积混凝土的核心温度,使混凝土的最大内部温度控制在 65°C 以下,相比未控制的情况下降低约 15°C ,进而减少由热应力引发的结构问题,延长工程的预期使用寿命。为确保混凝土拌合物的均匀性,需采用精确的配料和混合技术,现场应配备现代化的自动化配料系统,确保各种材料按正确比例准确投放。混合过程中,应持续监控混凝土的流动性,保证混凝土的施工性能满足设计要求,并对混凝土进行实时质量检测,测定混凝土的坍落度,及时调整配方^[3]。

3.2 严格控制骨料级配

骨料作为混凝土的主要成分,其级配、清洁度直接影响混凝土强度,有效的骨料级配能够确保粒径分布合理,从

而增强混凝土的紧实度,减少孔隙率,提高其抗压抗裂性能。严格控制砂和石的含泥率,防止由于泥块过多而引起的混凝土强度下降,提高混凝土的整体质量,维持混合水清洁度,从而避免因水质不佳影响水化反应。水灰比的控制是降低水化热的有效手段,水灰比的减小可以提高混凝土的密实性,减少水化过程中的热生成。在实际施工中,水灰比应控制在0.38-0.42之间,保证混凝土具有良好的流动性,满足结构强度要求。为降低水泥用量及其产生的水化热,应引入粉煤灰和外加剂等材料。粉煤灰作为一种优良的矿物掺合料,其掺量应控制在20%—30%之间,以替代相应比例的水泥,利用其球形粒子改善混凝土的工作性,减少水灰比。粉煤灰的加入有助于微结构的优化,通过填充水泥石中的微细孔隙增强混凝土的抗渗性能。外加剂的使用可以优化混凝土的配制,减水剂可以有效降低水灰比而不损失混凝土的流动性,使混凝土更易于施工;缓凝剂的添加则可以控制混凝土的凝固时间,使水化反应更加均匀,从而减少由于温度峰值引起的内部应力^[4]。

3.3 严格控制混凝土入模温度

入模温度对混凝土的最终性能有直接影响,过高的温度会加速水化反应,导致过早的水化热积累和内部应力增加,从而增加裂缝的风险。对此,应在混凝土浇筑过程中采用一系列技术手段,确保混凝土的入模温度保持在控制的范围内。原材料的预冷是降低混凝土入模温度的有效方法,需在搅拌前运用冷却设备将骨料和水预冷至低于环境温度的水平,将水预冷至5°C以下,确保骨料温度不超过10°C,降低混凝土的初始温度,有效减缓水化反应的速度。同时,对原材料进行遮光处理,覆盖存储区域防止骨料和水直接暴露在阳光下,避免由于太阳辐射导致的温度上升,并在料仓中保持良好的通风,帮助散热,降低材料的储存温度。在此过程中,应选择在较凉爽的时间段进行混凝土浇筑工作,如清晨或夜间,从而利用低环境温度的优势避免在日间高温时段进行施工,减少水化热对混凝土性能的负面影响。在夏季,需避免在阳光直射的条件下浇筑混凝土,防止混凝土表面快速干燥。

3.4 严格控制预拌混凝土质量

质量监测的过程需全面、系统,需对混凝土原材料的质量、混合均匀性以及最终混凝土的工作性能进行全面检测。在施工现场,测试人员需实施严格的抽样检查程序,对混凝土的坍落度进行定期测试,以评估混凝土工作性。坍落度测试应在混凝土到达工地后立即进行,并在浇筑过程中每隔一定时间重复进行,以确保混凝土的适用性保持在最佳状态。为进一步监控混凝土质量,需在混凝土浇筑后的不同时间点对其进行观察,及时识别潜在的质量问题,如离析和初凝现象。离析是混凝土中固体颗粒与水和水泥浆分离的现象,使得混凝土混合不充分,配方设计不当,一旦观察到离析,应立即采取措施重新混合或更换受影响的批次。混凝土的初凝时间能够反映混凝土从流动状态到开始硬化的时间,应加强对初凝时间的监测,以调整施工进度,确保充分的振捣,避免由于硬化过早而导致的施工困难。在实际操作中,每个混凝土批次的坍落度标准差应控制在±20mm以内,确保混凝土的一致性^[5]。

结束语:

总体而言,为确保大体积混凝土的顺利施工及满足其质量标准,需实现材料供应商、监理人员、施工团队以及建设单位之间的协同合作。施工过程中需严格按照规范操作,以防止因不规范操作导致的工程重施工,避免经济与人力资源损失。

参考文献:

- [1] 姚远. 大体积混凝土施工温度监测与自动控制技术[J]. 建筑机械化, 2024,45(05):109-112.
- [2] 赵志峰, 苏洪涛. 大体积混凝土施工裂缝成因及其调控技术[J]. 建筑机械, 2024,(06):106-112.
- [3] 康旭东. 混凝土施工中的温度与湿度控制策略研究[J]. 建材发展导向, 2024,22(10):43-45.
- [4] 李磊磊. 现浇大体积混凝土蓄水池防渗施工技术应用研究[J]. 设备管理与维修, 2024,(08):164-166.
- [5] 路亚男. 大体积混凝土施工裂缝控制技术研究[J]. 居业, 2024,(04):25-27.