

大体积混凝土施工温度应力控制及裂缝预防措施

白彬彬

山西天脊集团建筑工程有限公司 山西 长治 047507

摘要：大体积混凝土施工中的温度应力控制及裂缝预防措施是确保工程质量的关键。本文详细探讨了通过优化混凝土原材料选择、控制浇筑温度与时间、采用冷却水管法与循环蓄水法等技术手段来降低混凝土内外温差，从而有效控制温度应力。提出了改善混凝土抗裂性能、加强施工组织管理与质量控制等综合措施，以预防裂缝的产生。这些措施的实施对于提高大体积混凝土的耐久性、安全性和经济性具有重要意义。

关键词：大体积混凝土；温度应力；裂缝预防

1 大体积混凝土定义

大体积混凝土，这一术语通常用于描述那些结构实体最小几何尺寸不小于1米的大体量混凝土构件，或是指那些由于混凝土内部胶凝材料水化过程中释放的热量以及随之产生的温度变化、收缩等因素，可能导致有害裂缝产生的混凝土。这种混凝土广泛应用于各种大型基础设施项目中，如桥梁、大坝、高层建筑的基础底板和大型设备基础等。由于大体积混凝土的尺寸较大，其内部温度分布往往不均匀，特别是在浇筑后的初期阶段，水泥水化释放的大量热量会导致混凝土内部温度急剧上升，而外部温度则受环境温度影响相对较小，这种内外温差会产生较大的温度应力，若处理不当，极易导致混凝土开裂，从而影响结构的整体性和耐久性。

2 影响大体积混凝土温度应力及裂缝的因素

2.1 原材料因素

在大体积混凝土的制备过程中，原材料的选择对混凝土的性能有着至关重要的影响。水泥作为混凝土的主要胶凝材料，其品种、标号和水化热指标等因素直接决定了混凝土内部温度的变化和温度应力的产生^[1]。高水化热的水泥在硬化过程中会释放更多的热量，导致混凝土内部温度升高，增加了温度应力和裂缝的风险。此外，骨料（包括砂、石等）的级配、粒径、形状以及表面纹理等特性也会影响混凝土的收缩性能和抗裂性能。不合理的骨料选择会导致混凝土内部孔隙率增加，降低混凝土的强度和耐久性，从而增加裂缝出现的可能性。

2.2 配合比因素

混凝土的配合比是指混凝土中各组成材料的比例关系，它决定了混凝土的性能和质量。在大体积混凝土的配合比设计中，需要充分考虑混凝土的强度等级、耐久性要求、施工条件以及原材料的特性等因素。如果配合比不合理，如水泥用量过大、水灰比过高或各种填料的

使用不当等，都会导致混凝土的性能下降，增加温度应力和裂缝的风险。特别是当水泥用量过大时，会加剧水泥水化热的释放，导致混凝土内部温度升高，温差增大，从而增加温度应力。

2.3 施工因素

施工过程中的不当操作也是导致大体积混凝土温度应力及裂缝产生的重要原因之一。在浇筑过程中，如果浇筑速度过快或浇筑不均，会导致混凝土内部温度分布不均匀，产生较大的温度梯度，从而增加温度应力。振捣是混凝土施工中的一个重要环节，它能够提高混凝土的密实度和强度。如果振捣不足或振捣过度，都会导致混凝土内部存在气泡、不均匀和空洞等问题，影响其密实性和强度。此外，养护措施也是影响大体积混凝土抗裂性能的关键因素之一。如果养护不当或养护时间不足，会导致混凝土表面干燥收缩过快，产生裂缝。

2.4 环境因素

环境因素对大体积混凝土的温度应力及裂缝产生也有显著的影响。气温的变化会直接影响混凝土的浇筑温度和硬化速度。在高温环境下，混凝土内部水分蒸发加快，导致混凝土表面干燥收缩过快；而在低温环境下，混凝土硬化速度减慢，可能导致内部应力集中和裂缝的产生。湿度、风速和降雨等气象条件也会对混凝土的性能产生影响。在强风和暴雨等恶劣天气条件下，混凝土可能受到额外的应力和冲击作用，增加裂缝的风险。

3 大体积混凝土施工温度应力控制措施

3.1 原材料选择与降温措施

在大体积混凝土施工中，原材料的选择与降温措施是控制温度应力的基础。水泥作为混凝土的主要胶凝材料，其选择尤为关键，为了降低水泥水化热，减少混凝土内部温度升高，应优先选用低热或中热水泥，这类水泥水化热较低，能有效减缓混凝土内部温度上升速度。

可考虑掺加适量的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料,它们不仅能替代部分水泥,降低水化热,还能改善混凝土的工作性能和耐久性^[2]。除了水泥的选择,骨料的质量与级配同样重要,选用质地坚硬、级配良好的骨料,可以减少混凝土中的孔隙率,提高混凝土的密实度和强度。为了进一步降低混凝土的温度,可以在骨料中预先加入冷水进行降温处理,或者在搅拌前对骨料进行遮盖,避免阳光直射导致温度升高。在原材料降温方面,还可以采用冰块或液氮等冷却介质直接加入混凝土搅拌车中,以降低混凝土的初始温度。但需要注意的是,这种方法的成本较高,且需严格控制加入量,避免对混凝土性能产生不良影响。

3.2 混凝土搅拌与运输过程中的温度控制

混凝土搅拌与运输过程中的温度控制同样不容忽视。在搅拌过程中,应严格控制加料顺序和搅拌时间,确保混凝土搅拌均匀,避免局部过热。搅拌站应设在阴凉通风处,避免阳光直射导致搅拌站内部温度升高。搅拌设备应定期维护和保养,确保其正常运行,避免因设备故障导致的搅拌时间延长或搅拌不均匀等问题。在运输过程中,应采用带有保温隔热层的搅拌车,以减少外界环境对混凝土温度的影响。运输时间应尽量缩短,避免混凝土在运输过程中因时间过长而导致温度升高。在运输过程中还应避免急刹车、急转弯等剧烈操作,以减少混凝土内部的剪切应力和温度应力。

3.3 浇筑温度与时间控制

浇筑温度应尽量选择在一天中气温较低的时候进行,如早晨或傍晚,以降低混凝土的初始温度。同时应避免在极端天气条件下进行浇筑作业,如高温、大风、暴雨等,以减少外界环境对混凝土温度应力的影响。在浇筑时间上,应合理安排施工进度,避免一次性浇筑过多混凝土,导致内部温度升高过快。可以采用分层浇筑、分段施工等方法,将大体积混凝土分解成若干小块进行施工,以降低每次浇筑的混凝土量,减少内部温度应力。在浇筑过程中还应加强振捣作业,确保混凝土内部密实无空洞。振捣应均匀有力,避免漏振或过振导致混凝土内部产生应力集中。还应严格控制振捣时间,避免振捣时间过长导致混凝土内部温度升高。

3.4 冷却水管法与循环蓄水法的应用

冷却水管法与循环蓄水法是大体积混凝土施工中常用的温度应力控制措施。冷却水管法是在混凝土内部预埋冷却水管,通过循环水带走混凝土内部的热量,降低混凝土温度。这种方法适用于结构尺寸较大、水化热较高的混凝土构件。在实施过程中,应根据混凝土的尺

寸、形状和浇筑厚度等因素合理布置冷却水管的位置和间距。应严格控制冷却水的流量和温度,避免对混凝土性能产生不良影响。循环蓄水法则是利用蓄水池中的冷水对混凝土进行降温处理,这种方法适用于施工场地较小、无法设置冷却水管的情况。在实施过程中,应根据混凝土的浇筑量和浇筑速度等因素合理确定蓄水池的容量和位置。应定期更换蓄水池中的冷水,以保持其降温效果。需要注意的是,无论是冷却水管法还是循环蓄水法,都需要在施工前进行详细的计算和模拟分析,以确保降温效果满足设计要求。在施工过程中还应加强监测和记录工作,及时发现并处理异常情况,确保大体积混凝土施工的安全和质量^[3]。

4 大体积混凝土裂缝预防措施

4.1 混凝土内外温差控制

大体积混凝土裂缝的形成,很大程度上是由于其内外温差过大导致的温度应力超过混凝土的抗拉强度。控制混凝土内外温差是预防裂缝的关键措施之一。首先,从原材料选择入手,应选用低热或中热水泥,以降低混凝土的水化热,减少内部温升。可以掺加适量的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料,这些掺合料不仅能替代部分水泥,降低水化热,还能改善混凝土的工作性能和耐久性。通过优化混凝土的配合比,如降低水灰比、增加骨料含量等,也能有效减少混凝土的孔隙率,提高混凝土的密实度和强度,从而降低温度应力。在施工过程中,应严格控制混凝土的浇筑温度,避免在极端天气条件下进行浇筑作业。浇筑时,可采用分层浇筑、分段施工的方法,将大体积混凝土分解成若干小块进行施工,以降低每次浇筑的混凝土量,减少内部温度应力。加强混凝土的振捣作业,确保混凝土内部密实无空洞,提高混凝土的抗裂性能。为了更有效地控制混凝土内外温差,还可以采用冷却水管法或循环蓄水法等降温措施。冷却水管法是在混凝土内部预埋冷却水管,通过循环水带走混凝土内部的热量,降低混凝土温度。循环蓄水法则是利用蓄水池中的冷水对混凝土进行降温处理。加强混凝土的养护工作也是控制内外温差的重要措施,养护期间,应保持混凝土表面湿润,避免干燥收缩导致裂缝产生。应根据天气情况和混凝土的性能要求,采取适当的保温措施,如覆盖塑料薄膜、草席等,以减少外界环境对混凝土温度的影响。

4.2 温度陡降裂缝的防控

温度陡降裂缝是由于混凝土在硬化过程中,由于外界环境温度骤降或内部热量迅速散失,导致混凝土内外温差急剧增大而产生的裂缝。在混凝土施工前,应充分

了解当地的气候条件,合理安排施工进度,避免在极端天气条件下进行浇筑作业。特别是在寒冷季节或大风、暴雨等恶劣天气条件下,应暂停施工或采取必要的防护措施。在混凝土浇筑后,应加强混凝土的保温工作,可以采用覆盖塑料薄膜、草席、棉被等保温材料的方法,减少外界环境对混凝土温度的影响。应定期监测混凝土的温度变化,及时发现并处理异常情况。还可以采用加热养护的方法,如使用蒸汽养护、电热毯等加热设备,提高混凝土的温度,减缓其冷却速度,从而降低温度应力。但需要注意的是,加热养护应严格控制加热温度和加热时间,避免对混凝土性能产生不良影响。在混凝土拆模和养护期间,也应加强管理和监控工作。拆模时应根据混凝土的强度发展情况,合理安排拆模时间,避免过早拆模导致混凝土内部应力集中而产生裂缝。养护期间应定期浇水保湿,保持混凝土表面湿润,避免干燥收缩导致裂缝产生。

4.3 改善混凝土抗裂性能的措施

改善混凝土的抗裂性能是预防裂缝的重要措施之一。首先,可以通过优化混凝土的配合比来提高其抗裂性能。例如,增加骨料含量、降低水灰比、掺加适量的矿物掺合料和外加剂等,都能有效地提高混凝土的密实度和强度,从而降低裂缝产生的风险。其次,采用高性能混凝土材料也是提高混凝土抗裂性能的有效途径,如使用高强钢筋、高性能纤维等增强材料,可以显著提高混凝土的抗拉强度和韧性。使用高性能外加剂,如减水剂、引气剂等,也能改善混凝土的工作性能和耐久性。在施工过程中,应加强混凝土的振捣作业,确保混凝土内部密实无空洞^[4]。振捣应均匀有力,避免漏振或过振导致混凝土内部产生应力集中。还应严格控制混凝土的浇筑速度和浇筑高度,避免产生过大的浇筑冲击力导致裂缝产生。还可以采用后浇带、膨胀塞等构造措施来提高混凝土的抗裂性能。后浇带是在混凝土结构中预留的缝隙,待混凝土收缩稳定后再进行填充。膨胀塞则是一种能够吸收混凝土收缩应力的构造措施。

4.4 施工组织管理与质量控制

施工组织管理与质量控制是预防大体积混凝土裂缝的重要保障。这包括制定科学的施工方案、加强施工过程的管理和监控、以及建立完善的质量管理体系等

方面。在施工前,应充分了解工程特点和施工条件,制定科学合理的施工方案。施工方案应包括混凝土的配合比设计、浇筑方法、养护措施等内容,并明确各项施工工序的质量标准和验收要求。在施工过程中,应加强施工过程的管理和监控工作,应建立严格的施工管理制度和质量控制体系,明确各级人员的职责和权限。应加强对施工人员的培训和教育,提高他们的技术水平和质量意识。在施工过程中,应定期对施工质量和进度进行检查和评估,及时发现并处理异常情况。还应加强原材料的检验和验收工作。原材料的质量直接影响混凝土的性能和质量。在采购原材料时,应选择信誉良好、质量可靠的供应商。在原材料进场前,应对其进行严格的检验和验收工作,确保其符合设计要求和质量标准。在混凝土浇筑和养护期间,也应加强管理和监控工作,应严格控制混凝土的浇筑温度和浇筑速度,避免产生过大的温度应力和浇筑冲击力。应加强混凝土的养护工作,保持混凝土表面湿润,避免干燥收缩导致裂缝产生。在养护期间,还应定期对混凝土的温度和湿度进行监测和记录,及时发现并处理异常情况。

结束语

综上所述,大体积混凝土施工中的温度应力控制及裂缝预防措施是一个系统工程,需要从原材料选择、施工过程管理、技术手段应用等多个方面入手。通过本文的探讨和分析,深刻认识到这些措施的重要性和必要性。未来,随着科技的进步和施工技术的不断创新,有理由相信,大体积混凝土施工的质量将得到进一步提升,为建筑工程的安全和稳定提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]王小兵.大体积混凝土浇筑及温度裂缝施工控制技术[J].工程与建设,2022,36(05):1430-1432.
- [2]雷文.大体积混凝土浇筑控制要点[C]//中冶建筑研究总院有限公司.2022年工业建筑学术交流会议论文集.中国建筑第七工程局有限公司,2022:3.
- [3]陈元浩.基于大体积混凝土温度场自控温的模拟计算[J].重庆建筑,2022,21(05):51-52+61.
- [4]邱毓财.关于大体积混凝土防裂技术措施的探究[J].四川水泥,2021(10):3-4.