

建筑施工中混凝土浇筑温控技术应用

赵亚波

河北建设集团股份有限公司 河北保定 071000

摘要: 现代建筑行业正在飞速发展,工程规模持续增大,结构形式变得越发复杂,对混凝土浇筑温控技术提出了更高要求。传统温控方法已无法适应复杂工程的温控需求,新型温控材料的出现,对提高温控技术的质量和减少工程风险,起到重要的作用。本文先整理了建筑施工中常见的混凝土浇筑温控技术种类,随后分析建筑施工中不同场景下的混凝土浇筑温控技术应用,以期为建筑施工中的混凝土浇筑温控工作提供理论参照。

关键词: 建筑施工;混凝土浇筑;温控技术;工程场景;应用效果

前言

混凝土是建筑工程中应用最为普遍的结构材料,它的浇筑质量直接关乎建筑结构的耐久程度,在混凝土从浇筑到硬化的进程中,水泥会发生水化反应并散发出大量的热量,导致混凝土内部温度快速上升,然而混凝土表面散热速度较快,于是便出现明显的内外温差。一旦温差所产生的温度应力超出混凝土自身的抗拉强度,就可能会产生温度裂缝,此类裂缝既影响结构的整体连贯性及其观感效果,又有可能减小结构的承载能力,减弱其防水性能和耐久年限,极端情况下甚至危及建筑安全使用。

1 建筑施工中常见的混凝土浇筑温控技术类型

1.1 原材料优化温控技术

原材料是影响混凝土温度变化的关键要素,优化原材料选择种类并改进配合比设计,可以从源头缩减水化热的生成量,从而为温控工作形成较好的基础。

在水泥选型上,要优先选择低热或者中热水泥,比如矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥等,这些水泥的水化热释放速率比较慢,峰值温度比较低,可以有效地减小混凝土内部的升温幅度。而且,可以在混凝土中掺入适量的矿物掺和料,矿渣粉,粉煤灰,硅灰等,来取代一部分水泥用量,矿物掺和料既能减少水泥水化热,又能改善混凝土的工作性能,提升其耐久性^[1]。

温控型外加剂的合理利用同样是原材料优化的一种重要途径,缓凝剂可以延长混凝土的凝结时延,并减慢水化热的散发速率,防止热量过度聚集;高效减水剂能够在保留混凝土工作性能之时削减水泥用量,进而减小水化热的整体

量,引气剂能够生成细微气泡,优化混凝土的孔隙结构,提升混凝土的抗冻能力与抗裂能力,从侧面起到温控的作用。

骨料的性能会给混凝土温控带来很大改变,应当选取级配优良,热稳定性较高的骨料,这样的骨料导热系数较小,可以缩减热量传递,缩小混凝土内外温差。在高温环境下施工时,可以预先给骨料降温,用水浇淋,用遮阳物覆盖堆放或者利用冷风冷却等方式,将骨料的温度降到30℃以下;而在寒冷环境下施工时,则要预先加热骨料,防止其中存在冰雪,保证混凝土拌和时的温度符合要求,而且,合理调节骨料的级配,加大骨料的使用量,减小砂浆的体积,也能够削减水化热的生成。

1.2 浇筑过程温控技术

浇筑过程对于混凝土温度控制而言十分关键,优化浇筑工艺并控制好浇筑温度,可以有效地减小温度应力产生的可能性^[2]。

分层浇筑和分段浇筑是大体积混凝土及大面积混凝土浇筑时较为常见的温控工艺,分层浇筑时,每层的浇筑厚度需按照混凝土的初凝时间,振捣能力以及温控需求来决定,大致范围在300~500mm之间,相邻两层浇筑之间的时间间隔要控制在混凝土初凝之前。分段浇筑就是将整个结构划分成许多个单独的浇筑段,分段执行浇筑作业,每浇筑完一段就要立即实施散热措施,防止热量聚集在整个结构中,减小混凝土内部的最高温度,缩减温差所产生的应力。

浇筑温度的控制是浇筑过程温控的关键部分,混凝土浇筑时温度不宜过高,最好维持在30℃之下,高温环境下可稍微放宽限制,但不可超过35℃,而在低温环境下浇筑

时温度不宜低于 5℃, 要控制浇筑温度, 夏天施工时可以采用冰水搅拌混凝土, 给拌和用水降温, 或者选择夜晚或者清晨浇筑等办法; 冬天施工时, 则要预先加热拌和用水, 保证混凝土从搅拌机出来时温度不低于 10℃, 进入模具时温度不低于 5℃, 而且, 在运送混凝土的过程中, 也要采取保温或者隔热的措施, 减少温度流失或者提升温度^[3]。

1.3 养护阶段温控技术

混凝土浇筑完毕即进入硬化进程, 此阶段, 温度控制及养护质量紧密相连, 会直接影响混凝土强度的发展状况与抗裂能力。

保温养护是养护阶段温控的关键举措, 通过在混凝土表面覆盖保温材料, 减缓混凝土表面散热速率, 缩减内外温差, 规避因表面温度骤降而产生裂缝。保温材料的选取需遵照环境温度, 混凝土结构形式以及温控需求来决定, 以保障保温效果, 针对大体积混凝土, 可以采取多层保温覆盖的方法, 而且必要时可在保温层内部设立测温点, 及时监测表面温度, 并按照温度变化情况来调整保温措施。

保湿养护与温度控制需紧密配合, 这样就能有效地阻止混凝土表面因失水过快而产生干缩裂缝, 还能给混凝土水化反应供应足够的水分以推动强度增长。常见的保湿养护手段包含喷淋养护、蓄水养护以及覆盖保湿材料养护等。喷淋养护要确保混凝土表面一直维持湿润, 喷淋的频次依照环境的温湿度来决定; 蓄水养护适合平面结构, 通过在混凝土表面蓄水建立水膜, 兼具保湿和保温的效果; 覆盖像土工布和麻袋等保湿材料, 锁住混凝土表面的水分并缩减蒸发量。

强制降温技术主要应用于大体积混凝土这样的水化热聚集, 在散热较难的工程项目中, 其常见的做法是预先安装冷却水管, 即在浇筑混凝土时, 依照指定的距离和排布形式安装无缝钢管或者 PE 管, 浇筑完毕之后立即开始流动冷却水, 通过水流来带走混凝土内部积聚的热量, 从而减小内部的最高温度。冷却水管的设置需根据混凝土结构的大小以及水化热的散发规律来规划, 大多采取多层双向的方式, 管子之间的距离范围在 1.5 到 2.5m 之间, 循环用水的温度和流速要依循测温所得的数据予以适时调节, 以保证降温的速度维持在每天不超过 3℃的水平之上, 防止因降温速度过快而引发温度相关的压力问题^[4]。

2 建筑施工中不同场景下的混凝土浇筑温控技术应用

2.1 大体积混凝土工程

大体积混凝土工程结构体积庞大, 水泥用量较高, 水化热集中散发, 散热过程迟缓。

为了解决这些问题, 首选低热水泥, 并掺入大量矿物掺合料, 利用高效减水剂削减水泥用量, 还要选取级配优良的粗骨料, 提升骨料占比以减少水化热总量。在进行浇筑时, 可以采取分层分段浇筑法, 各层浇筑厚度维持在 300 ~ 400mm 之间, 浇筑间歇时间为 8 ~ 12 小时, 保证散热均衡; 控制混凝土入模温度处于 25~30℃区间, 炎热时节可采用冰水搅拌, 骨料预先冷却等手段来减小浇筑温度, 在养护期间, 预先设置冷却水管实施强制降温, 冷却水管要呈多层双向分布, 其管间距为 1.5 ~ 2m, 注入 10~15℃的循环冷却水, 将降温速率限制在 2℃/d 之内; 而且要在混凝土表面铺设多层保温被和塑料薄膜执行保温保湿养护, 确保内外温差不高于 25℃。

2.2 超高层建筑混凝土工程

超高层建筑的混凝土工程结构高度高, 荷载大, 施工环境复杂, 温控的难点多。

面对超高层建筑混凝土存在温控难题, 要采取专门的技术手段。在原材料选取方面, 高强混凝土宜选低热高强度水泥, 掺入适量矿物掺合料与高效减水剂并优化配合比, 既维持强度又削减水化热。在浇筑之前, 需要在核心筒等重要区域实施分层浇筑法, 每层浇筑厚度为 300 ~ 500mm, 振捣需细致, 防止漏振与过振, 还要控制混凝土入模温度, 夏季用遮挡阳光, 冷水拌合等方式, 冬季则用保温运输, 预热原材料等办法, 在养护期间, 采用密闭养护法, 即在混凝土表面覆盖具有良好保温保湿性能的材料, 减轻风荷载对表面散热的影响和高空处的梁柱节点, 可以利用保温模板来养护, 推迟模板拆除日期, 保证混凝土表面温度慢慢下降。

2.3 高温和严寒环境混凝土工程

2.3.1 高温环境混凝土工程

当气温高于 35℃时, 混凝土的水化反应速率变快, 水化热集中散发出来, 使得浇注温度和内部温度上升, 混凝土表面水分快速蒸发, 极易出现干缩裂缝和温度裂缝^[5]。

在高温环境下, 混凝土温控要选择低热水泥和缓凝型高效减水剂, 这样就能延缓混凝土凝结时间, 放缓水化热的释放速度; 加入粉煤灰等矿物掺合料, 削减水泥用量; 将

骨料堆放在阴凉处防止直晒,如果有必要还得采取洒水降温,冷风冷却等预先冷却手段,将骨料温度维持在 30°C 之下;拌合用水要用冷水或者已经冷却过的水,水温控制在 5 到 10°C 之间,从而减小混凝土出厂时的温度。在浇筑时,挑选气温比较低的夜间或者清晨来执行浇筑工作,缩减混凝土的运送历时,运送车辆用隔热覆盖物覆盖起来,防止温度上升,利用分层薄浇快振的工艺,每层浇筑的厚度别超过 300mm ,以此加快浇筑的速度,防止混凝土在高温下长时间暴露在外。在养护期间,浇筑完毕之后立即覆盖上塑料薄膜以及像土工布、麻袋等保湿材料,阻止表面水分蒸发,采用喷淋养护的方式,加大喷淋次数,保证混凝土表面一直处于潮湿的状态中。

2.3.2 严寒环境混凝土工程

在气温低于 -5°C 的严寒环境下,混凝土的水化反应被抑制,其强度发展迟缓,而且混凝土内部的水分极易结冰,引发体积膨胀。

在严寒环境下的混凝土温控要选取早强型水泥以提升强度增长速度;加入防冻剂减小混凝土冰点,防止水分结冰。还要预先加热水泥,骨料以及拌和用水,其中水泥不得低于 5°C ,骨料不得低于 0°C ,拌和用水需控制在 40 到 60°C 之间,保证混凝土出机时温度不低于 10°C ,入模时温度不低于 5°C ,浇筑时要缩减混凝土运输历时,运输车用保温覆盖物,削减热量散失;选定中午等气温较高时段开展浇筑,浇筑完毕立即实施覆盖保温,防止混凝土长久处于寒冷之中;振捣要充实,不可留有空隙,从而提升混凝土的密度及抗冻性能,在养护期间,可以利用保温模板或者在外侧覆盖保温材料,推迟拆模时间。

2.4 特种混凝土工程

2.4.1 高强混凝土工程

高强混凝土具备强度高,刚度大以及耐久性佳等长处,然而其水泥用量较多,水化热集中散发,内部温度大幅上升。

由于高强混凝土存在温控特性,所以原材料优化上,选择低热高强度水泥,并加入大量矿物掺和料,粉煤灰和矿渣粉的掺量加起来需占比 40% — 50% ,这样做能有效地减轻水化热;利用高效减水剂来缩减水泥用量,而且还能改善混凝土的工作性能;选取粒径较大,级配优良的粗骨料,提升骨料的堆积密度,削减砂浆的体积。在浇筑时,要用分层浇筑法,每层浇筑的厚度控制在 300 — 400mm 之间,还要压缩浇筑间

隔时间,防止热量聚集,将混凝土入模温度控制在 25°C 之下,炎热的季节可以用冰水搅拌,给骨料预冷等办法来减小浇筑温度,振捣时用高频振捣棒,这样既能保证密实度又不会过度振捣。到了养护期,用塑料薄膜盖上,再盖保温被,然后铺上岩棉板,从而减小表面散热,对于大体积高强混凝土构件,预先埋好冷却水管实施强制降温,使得内外温差别不大于 20°C ,养护时长至少为 14 天。

2.4.2 自密实混凝土工程

自密实混凝土流动性能佳,无需振捣,施工效率较高,然而由于胶凝材料用量大,水胶比较低,所以水化热的释放速度较快。

自密实混凝土的温控要选取低热水泥,并掺入粉煤灰和矿渣粉等矿物掺合料,其掺量占到 30% — 50% ,可有效缩减水化热总量;利用缓凝型高效减水剂,既维持流动性又削减胶凝材料用量,延缓水化热的产生;适当添加增稠剂,规避离析和泌水现象,提升混凝土体积的稳定性。在浇筑期间,需将混凝土入模温度控制在 20 — 28°C 之间,不能进行高温浇筑;采取连续浇筑工艺,削减施工缝,还要控制浇筑速度,防止混凝土堆积造成热量聚集;浇筑完毕之后立即刮平表面,减少水分蒸发。在养护过程中需注意,浇筑完 1 — 2 小时之内要覆盖塑料薄膜,以免表面失水,接着再盖上保温被执行保温养护,竖向结构可用包裹式养护法,保证其表面湿润。养护期不得少于 14 天,高温天气时要增多喷淋频率,寒冷季节则应加固保温手段,而且还要形成温度观测体系,随时掌握温度动态,一旦温差超出 15°C 便立刻作出保温策略上的调整。

3 结语

目前,单一温控技术无法满足复杂工程的温控需求,混凝土浇筑温控技术是保障建筑工程质量的关键技术,相关的施工方需要根据工程特性,选定适宜的温控技术并优化参数设计,加强技术创新与推广应用,不断完善温控技术体系,为建筑工程的安全提供有力保障。未来,还需进一步开展跨学科研究,融合材料学、物联网、大数据等多领域技术,推动温控技术在更多复杂工程场景中的应用,助力建筑行业高质量发展。

参考文献:

[1] 赵奇.混凝土浇筑技术在高层建筑结构施工中的质量保障作用分析[J].砖瓦,2025,(08):161-163.

[2] 宋亚茹,韩玉玺,颜伟 .BIM 技术在超高层建筑混凝土浇筑施工中的优化应用 [J]. 绿色建造与智能建筑 ,2025,(07):51-53.

[3] 张海江,何龙,王明明 . 建筑施工中混凝土浇筑过程中的振捣工艺与质量保证 [J]. 石化技术 ,2025,32(05):374-375.

[4] 谢芳 . 建筑施工中混凝土浇筑工艺改进方法研究 [J]. 城市开发 ,2025,(10):150-152.

[5] 王厚民,王绪 . 房屋建筑施工中混凝土浇筑技术的应用 [J]. 中国建筑装饰装修 ,2025,(04):123-125.