房建工程大体积混凝土温控防裂施工技术

徐金钟

内蒙古韶泰建设工程有限公司　内蒙古　呼和浩特　010010

摘　要： 本文基于大体积混凝土温度裂缝产生的原因进行论述，在此基础上对影响大体积混凝土温度裂缝的因素进行了探讨，即水泥水化热、内外温差、约束条件以及收缩变形等。然后从选用优质材料和合理选择配合比；控制温差梯度以及采取降温措施；做好保温保湿工作以及养护方法；留设后浇带和加强构造配筋角度出发提出了一系列施工过程中采取的技术措施。最后结合施工管理、及时监控预警以及应急措施制定完善的大体积混凝土温控防裂的整体方案。

关键词： 大体积混凝土；温度裂缝；水化热；温控措施；防裂措施

引言

伴随高层建筑以及大型公共设施建设，大体积混凝土在筏板基础、转换梁板等部位使用频繁。而由于这些构件截面较大、一次浇筑量较大，在混凝土中放出大量热量造成较大的内外部温差，在温度拉应力大于混凝土抗拉强度情况下就会出现温度裂缝，轻者影响美观和防水功能，严重者威胁结构安全。近年来，随着混凝土强度等级不断提高、体积不断增大，温控防裂难度日益增加，由于措施不当引起贯穿性裂缝成为困扰施工质量主要问题。虽然现有标准对此有所涉及，但是施工过程中原材料变化、外界条件影响以及施工方法差异等因素仍然给温控带来困难。因此研究温度裂缝形成原因并总结出一套完整从选材到养护全过程温控方法对指导施工、提升防裂效果具有十分积极意义。

1 大体积混凝土温度裂缝成因机理

1.1 大体积混凝土的定义与温度场特征

目前，大体积混凝土定义为结构截面最小尺寸大于等于 1m 或者因水化热导致温差而产生不利裂缝的构件。不同于一般结构的是，它的温度场是非稳态的，在浇筑过程中，内部由于集中放热导致温度迅速上升，而外部受到外界影响温度缓慢上升；之后内部开始降温但是降温速度远远小于升温速度，所以得到一个非均匀的时间历程。这个非均匀温度变化就是造成温度应力以及开裂的原因。

1.2 温度裂缝的类型与特征

根据成因及特征，温度裂缝可分为三类：表层裂缝一般出现在初期，深度不大，一般几厘米，呈龟裂或平行状，是由于表面干燥收缩以及内外温差造成的；深层裂缝由于有较大的温度差而产生，由表面向内发展较深，对结构的整体性和防水性不利；贯穿性裂缝最危险，贯穿整个截面，通常是由于降温时产生的收缩受到限制所造成，在破坏结构整体性的同时也给腐蚀性物质进入创造了条件，严重影响建筑物的安全使用年限。

1.3 裂缝产生的主要影响因素

大体积混凝土温度裂缝是由多种原因造成的，主要有以下几个方面的原因：①水泥种类及数量，硅酸盐水泥水化放热量大，而矿渣或者粉煤灰水泥放热量小，数量越多绝热温升越高；②构件大小以及周围约束情况，越大散热越困难、内部与外部温差越大，越容易产生较大拉应力；③外界环境气温、湿度、风速等，较高温度、较低湿度、较强风力都会导致快速脱水，从而造成早期塑性收缩裂缝；④施工方法，如分层厚度、浇筑方向、振捣是否充分以及养护方式都会影响温度分布以及散热的情况；⑤配合比参数，水灰比、骨料粒径以及掺加材料都会对混凝土的热工性质以及防止开裂的能力产生影响。这些都使得温度控制以及防止裂缝变得更加困难。

2 材料优选与配合比设计策略

2.1 低热水泥及掺合料的选择

降低混凝土内部温升的根本措施是减少水泥水化热产生及数量。施工时要尽量采用中热水泥或低热水泥，在满足设计强度条件下，尽可能少用硅酸盐水泥熟料。同时大量使用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等矿物掺合料，可以取代一部分水泥来降低水化热的同时也对混凝土有利，如改善混凝土内部构造、增加后期强度以及提高抗渗性等[1]。粉煤灰掺量一般不超过胶凝材料总

量的 20%-40%，矿渣粉掺量可达 30%-50%，但具体掺量需经过试验后确定。另外，掺合料的质量必须符合国家标准的规定，不能使用质量不合格甚至假冒伪劣掺合料，否则会起到相反的作用。

2.2 骨料级配与砂率优化

骨料是大体积混凝土中所占体积最大的成分，而骨料级配以及砂率对混凝土的密实度、流动性及温控均会产生影响。良好的骨料级配可以减小空隙率，进而减少胶凝材料浆体量，从而降低水化热总量。粗骨料宜采用连续级配，最大粒径应根据结构配筋间距以及泵送要求确定，一般不应超过 31.5mm。细骨料宜采用中粗砂，细度模数一般在 2.3 ~ 3.0 范围内。砂率越低越好，在满足施工需求情况下尽量选择较小砂率，一般为 35% ~ 42%，过大砂率会导致较多浆体量存在，不利于降温。另外，骨料含泥量及泥块含量需控制在一定范围内，因为这不但会影响界面粘结力，而且还会引起干缩裂缝的发生。

2.3 外加剂的合理选用

外加剂是实现大体积混凝土低热高性能化有效途径。高效减水剂（或聚羧酸系高性能减水剂）可以不增加用水量情况下大幅度提高混凝土流动性，或者在相同坍落度下减少拌合用水量，从而降低水胶比、减少水泥用量，进而降低水化热。而缓凝剂可以延缓水泥水化进程，推迟温峰出现时间，有利于热量逐渐散发，减小内外温差最大值。膨胀剂可以抵消混凝土降温过程中产生的收缩变形，避免收缩裂缝产生。但是膨胀剂添加过多也会造成后期膨胀开裂问题。各种外加剂之间是否相容，需要经过试验确定，不能简单照搬其他项目经验配比。

3 温度梯度控制与冷却技术

3.1 分层分段浇筑工艺

科学确定浇筑层厚度以及施工段长度也是降低内部温升值、有利于散热的有效方法，在厚筏板基础上，采用分层连续浇筑或者推移式浇筑，每层厚度不超过 300 ~ 500mm，上面一层混凝土落在下面一层混凝土初凝之前进行浇筑，这样既可以保证整体性又能有利于分层散热；而在大体积底板上，则可以采用分块跳仓法施工，即将整个建筑物划分为多个小区域，在相邻的小区域内留有一定的时间间隔后才开始浇筑，通过这个间隔期来消散一部分早期水化热，从而使每个小区域内的温差减小[2]。跳仓距离要依据实际情况而定，一般不宜超过 40m。

3.2 内部循环水冷却系统

对于大于 2m 厚的大体积混凝土，由于其较大体积导致混凝土内部不易散热从而造成较大温差，这时就需要设置内部循环水冷却装置。冷却水管一般使用外径 25-50mm 薄壁钢管或者高密度聚乙烯管，在水平方向上以及垂直方向上的间隔均为 1.0 到 1.5 米，呈蛇形或螺旋状埋设在混凝土中，在混凝土浇筑过程中以及刚刚完成浇筑的一段时间里往管中通入一定温度的水，利用水与混凝土之间的热量传递来降低混凝土温度，加快降温速度。而通水量以及水温都应当根据实际情况不断变化，防止降温太快造成的温差过大。一般情况下通水时间为 7 至 14 天左右，但具体还需依据实际情况决定。停止供水之后要及时将管道用砂浆封死以免影响到整体受力情况。

3.3 保温保湿养护措施

养护期间要避免表面温度骤降以及水分过快蒸发，这是预防表面产生裂缝的重要措施，在混凝土浇筑完毕并进行初步抹面之后，应及时进行覆盖塑料薄膜、土工布或者保温棉毡等材料以减少表面散热速度，在冬季施工时还需在外侧增加一层防风防水材料以防冷风吹拂造成表面温度迅速降低，保温层厚度需按外界气温与混凝土表面温度差值来设定，一般要求表面温度与内部温度相差不超过 20-25℃为宜[3]。同时也要做好保湿工作保证覆盖物始终处于潮湿状态，相对湿度不应低于 85%，且至少养护 14d 以上，如果使用了缓凝剂或者大量掺入粉煤灰的混凝土，则需要适当延长养护期。

4 结构构造优化与施工缝处理

4.1 构造配筋的抗裂作用

合理的设计配筋可以在一定程度上抑制裂缝的发生和发展，分散应力集中，在大体积混凝土表面或者容易发生裂缝的地方增加抗裂钢筋网片，例如直径 6 ~ 10mm，间距 150 ~ 200mm 的焊接钢筋网片，可以很好的承担温度拉应力并且控制裂缝宽度，在截面突变处、孔洞周围以及转角等应力集中处设置附加斜向钢筋或者加强筋以改善该区域受力情况。配筋应当做到“细而密”，即在总的配筋面积相同的情况下使用较细的钢筋并且布置较为密集可以使钢筋与混凝土之间更好的粘结从而更好地起到防裂的作用，同时也要保证保护层厚度符合相关规定要求，过大过小都会对混凝土造成不利影响。

4.2 施工缝、后浇带与加强带设置

合理设置施工缝、后浇带及加强带是对温度收缩引起的温差应力进行适当释放以及降低约束作用的有效方法。后浇带一般设置在结构应力较小处，间距一般为

30～50m，宽度为 0.8～1.2m，等附近区域混凝土基本不再产生收缩变形时再浇筑微膨胀混凝土将其封闭。后浇带留设时间需依据结构沉降、温度变形等因素来决定，一般不应少于 28d。对于特别长的建筑物，可以使用膨胀加强带替代传统的后浇带，在加强带中加入一定量膨胀剂使其中混凝土膨胀弥补两边混凝土收缩从而完成连续施工，既可以加快进度又能保证整体性[4]。施工缝位置不宜处在弯矩最大处并且要按相关要求对施工缝表面进行凿毛、清理、湿润等工作以保证新老混凝土之间良好粘结。

4.3 接缝处界面处理工艺

施工缝、后浇带等接缝处的界面处理对整个建筑物的整体性和防渗漏起着至关重要的作用，在浇筑新混凝土之前应对原混凝土表面进行凿毛处理，清除浮浆、松散颗粒以及杂物，露出新鲜骨料，再用高压水冲洗干净并保持湿润状态。接缝面可涂刷界面剂或铺设一层与混凝土同配合比的水泥砂浆，厚度为 10-20mm，提高新老混凝土之间结合力。如有防水要求，则应在中埋式止水带或者遇水膨胀止水条基础上增设外贴式防水卷材加强层。接缝处混凝土浇筑时要认真振捣，防止漏振或过振造成混凝土疏松。

5 施工组织管理与监控预警

5.1 施工方案编制与交底

大体积混凝土温控防裂施工前，要编制专项施工方案，其内容应有：混凝土供应与浇筑组织计划、温控计算书、测温点布置图、冷却水管布设详图、养护措施及应急预案等，该方案须经总监理工程师批准后方可实施，在施工前由项目部的技术负责人向全体施工人员做详细的书面技术交底，强调各项工作的注意事项、具体要求以及应急方案，使每个工作人员了解自己的工作职责和工作标准，同时做好书面和技术交底记录，以便检查。

5.2 实时温度监测系统

测温点要设置在混凝土内的中间部位以及表面还有中间过渡区的位置，还要测量出周围环境温度，以获得完整的温度梯度分布情况。测温可以利用预埋热电偶或者光纤光栅传感器，但在升温时期每隔两个小时要读取一次温度，在降温期可以适当延长到每隔四个小时读取一次温度。所有的监测数据都要及时上传到施工现场管理系统中，在内外部温差或者降温速度接近警戒线的情况下，系统要发出警告并且提醒相关人员采取相应的控制手段。所有的监测结果都必须保存备案，以便日后检查验收使用。

5.3 应急调控预案

对于可能发生温控问题，要有可行应急预案。如测得内外温差大于 25℃并且有增大的趋势，则需及时启动应急预案，可采取增加保温覆盖层厚度降低表面热量散发速度、改变冷却水量控制内部降温速度以及在表面洒温水使温差变小等方法；如果降温速度大于 2℃/天，则应注意收缩裂缝产生可能性，可以适当延长保温养护时间或者盖上防风帆布减慢降温速度来预防裂缝形成。应急物资要提前准备好，比如备用保温材料、柴油发电机（用于停电故障）、备用抽水泵及水管接头等。应急演练也要在开工之前开展一次，以便让每一个人都知道如何做。

6 结语

大体积混凝土温控防裂是集材料学、施工技术于一体的综合性技术问题。本文分析了水化热、约束以及外界条件等造成开裂的原因并给出相应的解决方法：选择低热水泥和掺合料减少发热量；分层浇筑、优化降温措施控制温度梯度；保温保湿养护降低温差；设置构造钢筋阻止裂缝发展；及时检测保证落实。而随着智能传感器、数字孪生以及自修复混凝土的发展，温度控制防裂也将朝着更精细、更智能的方向发展，在未来的超高层建筑或者大体量工程中发挥重要作用。

参考文献

[1] 王中华, 李明辉. 大体积混凝土水化热温升控制技术研究进展 [J]. 建筑结构学报,2022,43(6):78-85.

[2] 陈志强, 赵海波, 刘文杰. 矿物掺合料对大体积混凝土抗裂性能的影响 [J]. 混凝土,2021(8):52-56.

[3] 张建国, 孙玉梅. 基于温度梯度控制的大体积混凝土养护工艺优化 [J]. 施工技术,2023,52(11):34-39.

[4] 黄卫东, 徐明. 冷却水管在大体积混凝土基础中的应用研究 [J]. 建筑技术开发,2022,49(3):66-70.