

# 大体积混凝土施工裂缝控制技术研究

王乐乐

浙江浙浦建设有限公司 浙江 金华 322200

**摘要:** 大体积混凝土因结构体积大、水泥用量多、水化热释放集中,施工时极易出现温度、收缩裂缝等质量缺陷,严重影响结构承载力、耐久性与使用安全,是建筑施工的重点难点。本文结合实际,系统分析大体积混凝土裂缝类型、成因及危害,梳理控制难点,从配合比、浇筑工艺、温度、养护、施工管理五个方面提出控制方案,结合工程案例与数据对比验证其可行性与有效性,为施工提供参考,保障工程结构安全。

**关键词:** 大体积混凝土; 施工裂缝; 温度控制; 养护技术; 配合比优化

引言: 在建筑工程领域,大体积混凝土多用于高层建筑基础、大型桥梁承台等关键部位,施工质量关乎整个工程的结构安全与使用寿命。大体积混凝土一般指最小断面尺寸大、体积大,水化热释放使内外温差大易生裂缝的结构。建筑工程中其裂缝发生率较高,温度裂缝占比大,裂缝会降低结构性能,引发安全隐患,增加成本、延误工期。当前部分施工单位存在诸多问题致裂缝防控差,研究其控制技术意义重大。

## 1 大体积混凝土施工裂缝类型及危害

### 1.1 裂缝类型及特征

结合建筑施工实际,大体积混凝土施工裂缝主要分为温度裂缝、收缩裂缝、沉降裂缝三类,各类裂缝的形成机制与特征差异显著。温度裂缝最为常见,占所有裂缝的70%以上,核心是浇筑后水泥水化热集中释放,内部温升快而表面散热快,当内外温差超 $25^{\circ}\text{C}$ 、表面拉应力超过普通C30混凝土 $2.01\text{MPa}$ 抗拉强度时,便会产生裂缝。此类裂缝多为表面裂缝,宽度 $0.05\text{--}0.2\text{mm}$ ,部分深层裂缝达 $0.3\text{mm}$ 以上,呈不规则网状或纵向分布,集中在表面及侧面,严重时甚至会延伸至内部,影响结构整体性。

### 1.2 裂缝的主要危害

大体积混凝土施工裂缝的危害主要体现在结构安全、耐久性、使用功能三个方面,严重影响建筑工程质量。结构安全上,贯穿性裂缝会削弱混凝土承载能力,导致钢筋暴露锈蚀、强度下降,长期使用易引发变形、渗漏甚至坍塌,尤其高层建筑基础等关键部位,可能导致整体结构失稳<sup>[1]</sup>。耐久性上,裂缝破坏混凝土密实性,使水、氧气等介质渗入,加速碳化和钢筋锈蚀,据测算,存在裂缝的结构使用寿命会缩短 $30\%\text{--}50\%$ 。使用功能上,裂缝会导致地下室等结构渗漏,增加维修成本,其费用平均占施工总成本的 $8\%\text{--}12\%$ ,严重时需停工整改,延误工期、增加损失。

## 2 大体积混凝土施工裂缝成因分析

### 2.1 材料因素

材料因素是大体积混凝土裂缝的基础诱因,主要涉及水泥选择、骨料质量、外加剂使用及配合比设计四个方面。选用水化热较高的普通硅酸盐水泥,每立方米水泥用量每增加 $10\text{kg}$ ,水化热峰值升高 $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ ,而大体积混凝土水泥用量通常为 $300\text{--}400\text{kg}/\text{m}^3$ ,未选用低热型水泥会导致内部温升过快、温差过大引发裂缝。粗骨料级配不合理、针片状颗粒含量超 $15\%$ ,会降低混凝土密实性与抗拉强度;细骨料含泥量超 $3\%$ ,会影响和易性与强度。外加剂掺量不当、配合比不合理且水胶比超 $0.55$ ,都会增加混凝土收缩量、降低强度,诱发裂缝。

### 2.2 施工工艺因素

施工工艺不规范是裂缝产生的主要原因,集中在浇筑、振捣、模板施工三个核心环节。浇筑时一次性整体浇筑会导致水化热集中、散热不及时,浇筑顺序混乱、分层厚度超 $50\text{cm}$ ,会造成混凝土浇筑不均、收缩不一致,均易引发裂缝。振捣不密实会降低抗拉强度,过度振捣会导致骨料下沉、表面浮浆收缩量增大,漏振会形成局部薄弱环节,三者都会留下裂缝隐患。模板支撑刚度不足、间距超 $1.5\text{m}$ 会导致变形沉降;拆除过早(强度未达设计 $75\%$ 以上)会引发收缩、沉降裂缝;隔离剂涂刷不均会导致粘结拉伤,引发表面裂缝。

### 2.3 温度控制因素

温度控制不到位是温度裂缝的核心成因,主要体现在水化热控制、散热措施、保温养护三个方面。大体积混凝土水化热释放集中,未采取降温措施时内部温度可达 $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$ ,表面温度仅 $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ ,内外温差超 $25^{\circ}\text{C}$ 规范限值,表面拉应力超标即产生裂缝。浇筑后未及时分层散热、通水冷却,夏季浇筑温度超 $35^{\circ}\text{C}$ 、冬季未保温,都会加剧温差<sup>[2]</sup>。

### 3 大体积混凝土施工裂缝控制技术

#### 3.1 材料优化与配合比设计控制

材料优化与配合比设计是裂缝防控的源头关键,核心在于降低水化热、收缩量并提升抗拉强度。施工中优先选用低热矿渣或粉煤灰硅酸盐水泥,其3天水化热峰值 $\leq 230\text{kJ/kg}$ 、7天 $\leq 270\text{kJ/kg}$ ,可有效抑制内部温升。同时严控水泥用量在 $300\text{--}350\text{kg/m}^3$ ,通过掺加20%–30%粉煤灰或矿渣替代部分水泥,既降低水化热,又增强混凝土密实度与耐久性。骨料质量需严格管控,粗骨料选5–31.5mm级配良好碎石,针片状含量 $\leq 15\%$ 、含泥量 $\leq 1\%$ ;细骨料选用中砂,含泥量 $\leq 3\%$ 、细度模数2.3–3.0,保障和易性与抗拉强度。外加剂选用减水率 $\geq 20\%$ 的缓凝型高效减水剂,缓凝时间8–12小时,必要时掺6%–8%膨胀剂补偿收缩。配合比上将水胶比控制在0.45–0.55、砂率35%–40%,实现和易性与抗裂性双提升。也可在混凝土中参聚丙烯纤维或钢纤维等抗裂纤维,提升抗拉强度控制混凝土开裂。

#### 3.2 浇筑工艺优化控制

浇筑工艺优化以均匀浇筑、分层散热、规避水化热集中为核心,结合施工实际采用分层浇筑、振捣及循序渐进工艺。根据结构尺寸与场地条件,优先选用分层连续或推移式浇筑,分层厚度控制30–50cm,间隔2–3小时,确保上下层紧密衔接无施工缝。季节差异下精准控制浇筑温度,夏季对水泥、砂石洒水降温、遮阳存放,将浇筑温度降至 $35^\circ\text{C}$ 以下;冬季预热原材料,保证浇筑温度不低于 $5^\circ\text{C}$ ,避免冻裂。振捣采用插入式振捣器,插入深度为棒长1.25倍,间距30–40cm,振捣20–30秒至表面泛浆无气泡,快插慢拔减少内部空隙。若因浇筑量大或工期紧张需设置施工缝,需选在受力较小区域,浇筑前清理凿毛并涂刷水泥浆,保障上下层结合紧密,从工艺层面降低裂缝风险<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 温度控制技术

温度控制是大体积混凝土裂缝防控的核心,核心是严控内外温差、降低内部温度、延缓降温速度,确保内外温差不超过 $25^\circ\text{C}$ 、降温速度不超过 $2^\circ\text{C}/\text{天}$ 。在通过材料优化与配合比调整减少水化热释放的基础上,在混凝土内部预埋冷却水管,采用循环通水冷却进一步控温,冷却水管间距控制在1.5–2.0m,通水流量维持在 $1.5\text{--}2.0\text{m}^3/\text{h}$ ,可使内部温度降低 $10\text{--}15^\circ\text{C}$ ,有效缩小内外温差。浇筑完成后及时落实表面散热与保温措施,常规情况下覆盖土工布与塑料薄膜,夏季高温时在塑料薄膜上增设遮阳网,减少表面水分蒸发与热量散失;冬季则覆盖保温被并搭设保温棚,提升表面温度以延缓降温。同步开展温度实

时监测,在混凝土内部、表面及周边环境布设监测点,间距控制在5–10m,每2小时监测记录一次,温差超 $20^\circ\text{C}$ 时及时增铺保温层、调整通水流量,超 $25^\circ\text{C}$ 时立即停工整改,确保温度控制符合规范。

#### 3.4 养护措施优化控制

养护措施的核心是维持混凝土表面湿润、控制降温速度,进而提升其强度与抗拉强度,养护时间不得少于14天,重点抓好保湿与保温工作。混凝土表面初凝后(约4–6小时),及时开展保湿养护,洒水频次根据环境温度灵活调整,夏季高温每1–2小时洒水一次,冬季每4–6小时洒水一次,确保表面始终湿润,减少干燥收缩;也可采用蓄水养护,在表面蓄水5–10cm,持续保持湿润以提升养护效果。结合温度控制要求合理设置保温层,厚度根据环境温度确定,冬季不低于5cm、夏季不低于2cm,确保降温速度控制在 $2^\circ\text{C}/\text{天}$ 以内,避免表面温度骤降引发裂缝。考虑到大体积混凝土的特殊性,养护时间应延长至21–28天,尤其高温、干燥环境下,延长养护可让强度与抗拉强度充分发展,减少收缩裂缝,养护期间严禁在表面堆放重物、施加荷载,防止结构变形开裂。

#### 3.5 施工管理优化控制

施工管理优化是裂缝防控的重要保障,通过完善管理制度、强化技术交底、严格质量检测,确保各项控制措施落地见效。制定专项裂缝防控方案,明确各岗位人员职责,专门安排人员负责温度监测、养护管理与质量检查,保障施工全过程各项措施有序推进。施工前开展全面技术交底,向技术人员与一线作业人员详细说明裂缝防控的技术要求、操作规范及温度控制标准,确保作业人员熟练掌握要点、规范操作。严格执行质量检测制度,原材料进场时抽样检测水泥、砂石、外加剂等,不合格材料严禁进场;施工中精准控制配合比,定期检测坍落度与和易性,实时分析温度监测数据,及时排查整改隐患;浇筑完成后抽样检测混凝土强度,确保达标<sup>[4]</sup>。

## 4 工程案例

### 4.1 工程概况

参与施工的某项目研发楼单体建筑地下室底板工程为大体积混凝土结构,底板长58m、宽46m、厚1.1m,柱墩区域厚度为1.3米,长1.4m、宽1.4m,混凝土浇筑总量 $3240\text{m}^3$ ,设计强度C35、抗渗等级P8。施工处于夏季高温,日均气温 $32\text{--}38^\circ\text{C}$ ,施工难度大,易产生温度与收缩裂缝。初期未完善防控裂缝,浇筑第3天,混凝土表面现多处细微温度裂缝,宽 $0.05\text{--}0.15\text{mm}$ ,长20–50cm。若不处理,裂缝会发展,影响结构抗渗与耐久性。施工单位结合裂缝控制技术,对后续施工及已现裂缝处理,优化

控制措施,保障工程质量。

#### 4.2 裂缝控制技术实施过程

结合工程实际,从材料、浇筑工艺、温度、养护四方面控制裂缝。材料上,换低热矿渣硅酸盐水泥,掺25%粉煤灰,控制水泥用量 $320\text{kg}/\text{m}^3$ ,用缓凝高效减水剂,调水胶比0.50、砂率38%,优化后水化热峰值降低,并掺6%-8%膨胀剂补偿收缩,在地下室车库行车道加入抗裂聚氨酯纤维 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 控制裂缝。浇筑工艺上,分层推移式浇筑,厚40cm、间隔2.5小时,用插入式振捣器。在温度控制方面,预先布设冷却水管。冷却管沿厚度方向设置,起始位置距离混凝土外表面100mm设置,随后按400mm的间距逐层布置。在平面方向上,冷却水管按2.0m的间

距布设,混凝土外表面覆盖保温毛毯。实时监测,控制混凝土入模温度在 $30^\circ\text{C}$ 以下,在入模温度基础上,混凝土浇筑体的温升值不宜大于 $50^\circ\text{C}$ ,混凝土表面温度与环境温差不大于 $20^\circ$ ,混凝土浇筑体表面温度与里面温度的差值不宜大于 $25^\circ\text{C}$ 。养护上,及时洒水,养护时间不少于28天,控降温速度不宜大于 $2.0^\circ\text{C}/\text{d}$ ,对裂缝用环氧树脂封闭。

#### 4.3 实施效果分析

通过实施上述裂缝控制技术,该地下室底板工程后续施工未出现新的裂缝,已处理的裂缝未出现扩展现象,混凝土施工质量达到设计要求。为直观呈现裂缝控制效果,将实施前后的核心指标对比情况如下表所示:

核心指标	实施前	实施后	改善幅度
混凝土内部最高温度( $^\circ\text{C}$ )	78	62	0.205
内外温差( $^\circ\text{C}$ )	32	22	0.313
裂缝发生率(%)	32	2.8	0.913
混凝土7天强度(MPa)	21.5	24.8	0.153
混凝土28天强度(MPa)	32.2	36.5	0.134

由上表可知,实施裂缝控制技术后,混凝土内部最高温度下降 $16^\circ\text{C}$ ,内外温差控制在规范限值以内,裂缝发生率从32%降至2.8%,混凝土强度显著提升,达到了良好的裂缝防控效果。

#### 结束语:

大体积混凝土施工裂缝控制是保障建筑工程结构安全与耐久性的关键环节。本文通过系统分析裂缝类型、成因,从材料、工艺、温度、养护及管理等多维度提出控制技术,并结合工程案例验证其有效性。实践表明,科学实施裂缝控制技术可显著降低裂缝发生率、提升混凝土性能,减少后期维修成本。未来需持续优化技术细节,加

强新材料、新工艺应用,为类似工程提供更完善的解决方案。

#### 参考文献:

- [1]路亚男.大体积混凝土施工裂缝控制技术研究[J].居业,2024(4):25-27.
- [2]关中正,王星宇,杨帅,等.房建工程大体积混凝土施工裂缝控制技术研究[J].中国建筑装饰装修,2025(6):174-176.
- [3]王超.房建工程大体积混凝土施工裂缝控制技术研究[J].工程技术研究,2025,10(22):53-55.
- [4]关学林,刘群.超长大体积混凝土施工中裂缝控制技术的研究[J].建筑技术开发,2025,52(11):129-131.