

房建工程中混凝土裂缝成因及防控技术研究

黄正业

中铁二十局集团第六工程有限公司, 陕西 西安 710032

[摘要]混凝土结构裂缝是建筑工程建设中最普遍的质量问题之一,严重影响建筑物安全可靠性和耐久性以及外观美观度。本文详细阐述了混凝土结构裂缝的种类特点及产生原因,在此基础上从原材料、施工工艺、养护管理、结构设计以及温差应力共同作用这几个方面对裂缝产生的因素进行了探究,并提出了全过程防治关键技术。研究发现塑性裂缝、硬化期裂缝以及外荷载作用引起的裂缝其形成的机理不同需要采取不同的防治方法;原材料质量控制管理、施工工艺调整优化、科学合理的养护管理、结构抗裂设计等都是防治混凝土裂缝的关键所在。

[关键词]房建工程;混凝土裂缝;防控技术

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19180

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Research on the Causes and Prevention Techniques of Concrete Cracks in Building Construction Projects

HUANG Zhengye

China Railway 20th Bureau Group Sixth Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710032, China

Abstract: Concrete structure cracks are one of the most common quality problems in construction engineering, seriously affecting the safety, reliability, durability, and aesthetic appearance of buildings. This article elaborates on the types, characteristics, and causes of cracks in concrete structures. Based on this, the factors causing cracks are explored from the aspects of raw materials, construction technology, maintenance management, structural design, and the combined effect of temperature and stress. Key technologies for preventing and controlling cracks throughout the entire process are proposed. Research has found that the formation mechanisms of plastic cracks, hardening cracks, and cracks caused by external loads are different and require different prevention and control methods; The key to preventing and controlling concrete cracks lies in the quality control management of raw materials, adjustment and optimization of construction processes, scientific and reasonable maintenance management, and structural crack resistance design.

Keywords: building construction projects; concrete cracks; prevention and control technology

引言

混凝土是建筑工程中最重要的建筑原材料之一,在建筑工程中大量用于各种建筑构件上,但是混凝土的开裂问题一直是建筑工程行业的一大难题,裂缝不仅影响到建筑物本身的美观程度,还会对建筑的整体耐久性和安全性造成一定的危害,严重的会导致出现安全事故。据数据显示,在建筑工程中有高达 80% 的质量投诉都是因为混凝土裂缝导致的,所以如何有效的预防混凝土裂缝的发生也是目前工程质量的重点之一。混凝土产生裂缝的原因有很多方面,包括材料学、结构力学以及施工工艺等,而根据时间上来区分的话,裂缝也会在混凝土的塑形期、固化期以及运行期等各个时期产生。从影响因素方面来看,在原材料选择、配合比设定、施工过程、维护措施以及环境等方面都存在。长期以来,工程建设领域对于裂缝的研究仅限于某一个方面进行分析,缺少全面系统的分析裂缝的产生原因以及采取全方位的过程性防控措施,使得裂缝问题屡禁不止。

1 混凝土裂缝类型特征与形成机理

1.1 塑性阶段裂缝形成机理

塑性裂缝又称塑性阶段裂缝,指混凝土浇筑到初凝这个时间段出现的裂缝。主要是出现在混凝土浇筑以后的一两个小时之内,在这时混凝土还处于可塑性的状态,混凝土几乎没有抗拉强度,只要超过了混凝土极限变形的能力就会破裂。塑性收缩裂缝是塑性裂缝中最常见的一种,是在混凝土表面水分蒸发速度大于混凝土内部水分移动到混凝土表面的速度的情况下产生的。表面的毛细管负压造成混凝土塑性收缩。根据研究发现,如果蒸发速度大于每平方米每小时 1.0kg 时就会有比较大的可能性产生塑性裂缝,大风、高热、低湿度条件都会加快混凝土表面水分的蒸发速度从而造成更多的塑性和沉降裂缝发生。而塑性沉降裂缝就是在混凝土初凝之前由于骨料下沉和浆体上升引起的一种裂缝。对于钢筋、预埋件及模板突变部位导致混凝土无法均匀下沉而在钢筋走向或者截面变化处出现的裂缝则属于这种类型的裂缝。该类裂缝一般为沿着钢筋

走向的通长性裂缝,或者是柱墙交接处以及梁板交接处出现的横向裂缝。振捣不到位,或坍落度大的情况往往是造成沉降裂缝增多的原因。

1.2 硬化阶段裂缝形成机理

硬化裂缝指的是混凝土终凝到养护完毕这段时间内出现的裂缝主要有干缩裂缝及温差裂缝。干缩裂缝是因为混凝土内部的毛细孔里的水分蒸发而引起的体积变化所造成的。水泥石里凝胶孔以及毛细孔脱水产生收缩力使得水泥石收缩,由于收缩受到限制则会产生拉应力。混凝土干缩率大小跟水泥的添加量,水灰比以及骨料弹性模量有关。研究表明,水灰比每增大 0.1,干缩系数增加大约 15%~20% 左右。养护状况直接影响到干缩裂缝的形成,如果保湿不好,表面会出现 3~5 倍于里面的干缩情况,很容易就出现表面蛛网状裂纹。温差裂缝主要是由于水泥水化放热所造成的温差应力。大体积混凝土浇筑完后,内部最高温度可以达到 60~80℃,而其表面的散热比较快,造成内部与外部的温差比较大,在内外温差大于 25℃ 的情况下,混凝土表面的拉应力有可能高于其抗拉强度从而引发混凝土表面开裂;混凝土在降温过程中如果受到限制就会出现贯穿性的裂缝。温度性裂缝有明显的季节变化,在夏天混凝土施工中的温差是比较难控制的,在冬天的时候又要考虑到混凝土冷缩的问题。

1.3 受力裂缝与结构裂缝机理

荷载裂缝是指荷载作用使结构出现的裂缝。受弯构件裂缝起始于受拉区、垂直于主拉应力方向;受剪构件裂缝沿斜向延伸;轴心拉构件裂缝贯穿全截面,均匀分布。结构裂缝是由结构变形而引起的裂缝主要有不均匀沉降裂缝、温度变形裂缝。不均匀沉降裂缝多为斜向发育并指向沉降较大的一方。超长大体积结构若未设伸缩缝,温差及收缩变形的叠加可引起结构开裂。

2 混凝土裂缝成因系统分析

2.1 原材料因素

原材料性质是混凝土抗裂性的一个基本要素。表 1 归纳了各种原材料对于开裂作用以及控制标准。

水泥水化热是温度裂缝主要原因之一,硅酸盐水泥水化热最大,矿渣水泥,粉煤灰水泥水化热小,大体积混凝土

土应尽量使用低热水泥并且限制水泥用量不超过 300~350kg/m³;骨料含泥量较大时会引起较大的干缩变形,含泥量每增加 1%,干缩率增加约 8%~10%。

2.2 施工工艺因素

施工工艺决定了混凝土密实度和平整度的情况,也是防治混凝土裂缝的一项主要措施。浇筑工艺上,如果振捣层厚度过大容易造成不能充分振实的情况,而各次浇筑间隔时间过长,则会出现冷缝的发生。混凝土结构大体积混凝土浇筑分层厚度应控制在 300~500mm 之间,且上层浇筑应在下层初凝之前进行。泵送混凝土坍落度较大时易出现离析和泌水现象,必须保证其出厂时坍落度处于 180~220mm 内。振捣工艺对混凝土内部密实度有较大的影响。如若过振会导致粗骨料向下沉降而浆体上部漂浮,引起塑性的沉降裂缝;若漏振则会产生蜂窝或孔洞,使该部位混凝土强度下降,成为受力裂缝的薄弱部位。振捣时间以混凝土表面冒浆、不下沉、无气泡溢出为度,一般每一部位振捣时间为 20~30s 左右。模板工程当中,模板刚度过低容易发生形变,拆模过早的话会使混凝土强度不够高,无法承受热应力及干缩应力的作用。侧模拆除的时间要依据强度来决定,一般不应低于 24h;底模拆除时必须达到设计强度的 75%~100%,否则可能会导致构件的裂缝或者是脱空现象的发生。

2.3 养护管理因素

养护是混凝土水化反应完成的好坏的关键环节,也是防止开裂的有效手段。养护不到位是最常见的造成开裂的原因,占到所有裂缝的 30%~40% 的比例。保湿养护不足会造成表面蒸发产生干缩而造成表面龟裂,所以要浇筑混凝土之后尽快覆盖塑料膜或者喷洒养护液等手段使表面处于湿润状态。保湿养护的时间也应根据所用水泥类型来决定,使用硅酸盐水泥不得低于 7d,在加入缓凝剂或者粉煤灰的时候不低于 14d,大体积混凝土保湿养护不得少于 14d。对于大体积混凝土来说,保温养护是非常重要的一个环节。采用覆盖保温材料延缓散热速度,尽量使外界温度和内里温度相差不超过 25℃,降低散热速度不大于 2℃/日。冬季施工还需采取加热养护措施,防止混凝土受冻开裂。

表 1 原材料因素对混凝土裂缝的影响

原材料类别	关键指标	不利影响	主要裂缝类型	控制要求
水泥	品种、用量、水化热	水化热过高导致温度应力集中	温度裂缝	选用中低热水泥,单方用量≤450kg
粗骨料	级配、含泥量、粒径	含泥量增加收缩,级配不良降低密实度	干缩裂缝	含泥量≤1%,采用连续级配
细骨料	细度模数、含泥量	细度过细增加用水量和收缩	塑性裂缝、干缩裂缝	细度模数 2.3~3.0,含泥量≤3%
外加剂	减水率、缓凝时间	掺量不当导致泌水或凝结异常	沉降裂缝、冷缝	通过适配试验确定最佳掺量
矿物掺合料	粉煤灰、矿渣粉掺量	早期强度低,养护要求高	早期裂缝	粉煤灰掺量 20%~30%,矿粉≤40%
水	pH 值、杂质含量	杂质影响水化反应和强度发展	各类裂缝	符合混凝土用水标准

2.4 结构设计因素

结构设计对裂缝影响主要是来自约束条件及配筋构造两个角度出发。约束条件决定了温度应力以及收缩应力的程度，而地下室墙体、长跨结构由于受到基础或者周边建筑物的强约束，变形受到限制，容易造成拉应力裂缝出现。在施工时要根据结构情况进行合理的设置伸缩缝、后浇带等来释放变形，在较长结构处应每隔 30~50m 设后浇带。配筋构造对于抗裂性能有很大的影响。小直径密集分布的钢筋可以较好地分散裂缝并控制裂缝缝隙的宽度大小，对于受温度收缩比较敏感的位置应适当增加配筋强度，剪力墙竖向分布钢筋宜采用短间距布置方式，不宜过大超过 150mm。

2.5 温度应力与收缩变形耦合作用

温度应力以及收缩变形都是造成混凝土裂缝的主要原因，在很多时候都会一起作用，加大开裂几率。温度应力就是由于水泥水化热升温造成的降温所致，而混凝土内部温度达到最大值以后缓慢降温导致体积收缩受阻形成拉应力。收缩变形主要由干缩效应、自收缩效应及碳化收缩组成，其中以干缩效应占比最高，达到 60%~80%。温度应力和收缩变形两者之间的相互作用表现为：升温时混凝土膨胀被限制产生压应力，而此时混凝土刚度小，变形大，所以产生的压应力小；降温时收缩加上温度收缩共同作用，总体收缩较大，混凝土刚度增大，产生了很大的拉应力。研究发现温度应力与收缩应力叠加后，结构内拉应力会比单独受到其中一个作用时提升 30%~50%。大体积混凝土温控关键在于掌握好水泥水化的放热量和冷却速度。优化配合比以使水泥水化放热减少、埋设冷却管强制降温以及严格控制入模温度都可以减小温度应力。补偿收缩混凝土技术就是在混凝土中添加膨胀剂，使其膨胀达到一定的补偿效果，从而防止出现温度收缩裂缝。

3 混凝土裂缝防控关键技术

3.1 科学配合比设计与收缩控制技术

配合比的设计是预防混凝土裂缝的关键，合理的设计方法应当是以低水胶比、低水灰、优良级配、混合材复配为原则。水胶比是控制混凝土收缩最重要的指标。水胶比下降 0.05 左右，可以减少 10~15 左右的干缩率。大体积混凝土水泥用量宜控制在 300~350kg/m³ 之间，并加入粉煤灰以及矿粉等矿物掺合料来取代部分水泥，粉煤灰掺入量达到 20%~30%，可以降低水化热温度 15%~20%。掺入适量的膨胀剂，是控制混凝土收缩的有效手段^[1]。补偿收缩混凝土中添加 8%~12% 的比例的膨胀剂，具有 0.02%~0.04% 的膨胀率，来补充干燥收缩和冷缩。

3.2 施工阶段裂缝预防技术

施工阶段对于防止裂缝发生来说是非常重要的一个过程，在这个过程中应该做到浇筑、振捣以及温控等几个方面做好相应的防治工作。表 2 总结了一些常用的施工防治技术及适用范围。

表 2 施工阶段裂缝预防技术措施

技术环节	关键技术要点	适用条件	预防裂缝类型
分层浇筑	分层厚度 300~500mm, 间歇时间≤初凝时间	大体积混凝土、墙体、柱	温度裂缝、冷缝
连续浇筑	避免间歇，确保接茬处覆盖及时	楼板、薄壁结构	冷缝、塑性裂缝
二次振捣	初凝前进行二次振捣，时间 20~30s	塑性阶段混凝土	沉降裂缝、塑性收缩裂缝
二次抹压	初凝前后进行 2~3 次机械抹压	楼板、大平面结构	塑性收缩裂缝
温控措施	埋设冷却水管，控制内外温差≤25℃	大体积混凝土	温度裂缝
入模温度控制	夏季降温、冬季保温，入模温度≤30℃	极端气候施工	温度裂缝
模板拆除	按强度要求确定拆模时间，避免过早	所有结构	受力裂缝、温度裂缝

大体积混凝土温控是最重要也是最难控制的一个环节，冷却水管铺设距离建议在 1~1.5m 之间，进行通水降温处理的时间一般情况下需要在 7~10d 左右，保证出入口之间的温差不大于 10℃。并且通过使用保温层来保温保湿，在此过程中要严格控制混凝土降温速度不超过 2℃/每天，夏季时要控制好混凝土入模温度不大于 30℃^[2]。大风天气下施工要注意防风，喷洒养护剂降低水分蒸发率、冬季施工要特别注意做好防寒保温，严防混凝土在低温环境中发生冻胀裂纹现象。

3.3 养护技术优化

养护技术直接影响混凝土强度增长以及抗裂情况。完善养护方案应注意保持湿度的同时也要保温；既要做短期养护也要做长期养护的工作。保湿养护的方法主要有：塑料薄膜养护法、涂刷养护液法、湿麻袋养护法、蓄水养护法。塑料薄膜养护适用于平面结构，要求薄膜与混凝土表面紧密结合、搭接严实；养护液喷涂适宜垂直构件，确保在混凝土初凝时喷涂，喷上的液体能连续成膜；湿麻袋覆盖养护效果明显，适用于养护条件良好处；蓄水养护是最理想的楼板养护方法，但是要注意水温和混凝土之间温差不应大于 15℃。保温养护主要是针对大体积混凝土以及冬季养护的情况。使用草帘、棉被、聚苯板等保温材料进行覆盖，降低降温速度，保温层的厚度要通过热工计算得出，覆盖时间不低于 14d，在拆保温的同时也要逐步的减少保温，防止温差过大导致混凝土产生裂缝，养护的时间要根据所使用的水泥品种以及掺和料来选择，常规硅酸盐水泥不低于 7d，当掺入粉煤灰、矿渣粉不低于 14d，大体积混凝土不低于 14d，抗水要求的结构不低于 14d，特殊环境条件下还要适当延长养护时间。

3.4 结构设计优化与抗裂构造措施

结构工程优化设计是从根本上降低开裂风险的一种方式。防止开裂的设计要以抗放结合的方式进行，通过对合理留设变形缝、增强配筋构造、限制受力状态等方式

来增强结构抗裂性能。而合理的设置变形缝就是一种有效的卸除温度应力以及收缩应力的方法。伸缩缝间距必须满足规范规定的要求,并且对于过长的构筑物应当采用后浇带或者加强带等代替处理方法。后浇带的间距在 30~50m,宽度为 800~1000mm,在两侧的混凝土浇筑完成之后 42d 才能对后浇带予以封闭。加强带的宽度在 2~3m 之间,添加膨胀剂补偿收缩,可以替代后浇带达到连续作业的目的。配筋设计在其中的作用也是至关重要的。细密的配置钢筋可以很好的预防裂缝,钢筋应该选择 10-16mm,间距在 100~150mm,对于温度或者收缩敏感的区域可以适当增配间距不超过 150mm 的水平钢筋。钢筋保护层厚度要严格按照施工图纸来执行,偏差不能超过 $\pm 5\text{mm}$ 。构造方面:截断突变位置要设置成圆弧,转角地方要加设放射筋。悬挑构件底部要设置一些加固的钢筋,设置抗裂钢筋网。墙角地方设置一些暗柱或者是构造柱,以增加结构整体性。预留洞口周围要配置一些加强钢筋,以防出现应力集中导致开裂的现象^[3]。

4 结语

混凝土裂缝成因复杂、形态各异。本文得到如下主要

结论:塑性裂缝主要是塑性收缩和沉陷为主,硬化裂缝主要是干燥收缩和温差裂缝为主,应力裂缝由荷载和变形引起。裂缝产生的原因是由于原材料、施工、保养、设计、温差应力等多方面的共同作用,而施工方式和养护质量又是其中的重要环节。预防裂缝应建立整体的技术方法,即合理配比设计、精准施工、科学保养以及结构防裂设计。本文可供房屋建筑工程混凝土裂缝防治借鉴学习。今后可以进行高性能抗裂材料的研究、智能监测报警系统以及自愈合的研究等。

[参考文献]

- [1]刘海瑜.房建工程中混凝土裂缝成因及防控技术研究[J].中华民居,2025,18(9):178-180.
- [2]任文兴.房建工程中混凝土裂缝的成因分析与防治措施[J].中国建筑装饰装修,2024(23):92-94.
- [3]周魁.房建工程施工中大体积混凝土裂缝成因及控制技术[J].中国水泥,2025(1):100-102.

作者简介:黄正业(1994—),男,汉族,安徽池州人,高级工程师,中铁二十局集团第六工程有限公司,研究方向:土木工程施工技术管理。