

墙体混凝土养护过程中裂缝控制措施探析

文 / 杨国炜 福建建工集团有限责任公司

摘要：墙体混凝土作为建筑结构的重要组成部分，其施工质量直接关系到建筑的安全性、耐久性和使用功能。在墙体混凝土施工及后续养护过程中，裂缝问题是较为常见的质量通病，不仅会影响结构的整体性和稳定性，还可能导致钢筋锈蚀、渗漏等一系列隐患，进而缩短建筑的使用寿命。本文以墙体混凝土养护过程中的裂缝控制为研究核心，首先阐述了墙体混凝土常见裂缝的类型，包括温度裂缝、塑性裂缝和干缩裂缝，并深入分析了各类裂缝产生的机理与主要影响因素。随后，结合具体工程案例，详细介绍了工程概况、裂缝的具体表现形式及成因，在此基础上提出了针对性的裂缝控制措施，并对措施实施后的效果进行了科学评估。最后，通过对研究过程的总结，得出相关结论，旨在为类似工程中墙体混凝土养护阶段的裂缝控制提供理论参考和实践指导，以提升墙体混凝土结构的施工质量。

关键词：混凝土墙体；混凝土养护；裂缝类型；裂缝控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.029

引言

在建筑工程领域，混凝土凭借其成本较低、强度高、可塑性强等优势，成为应用最为广泛的建筑材料之一。墙体作为建筑结构的重要组成部分，承担着围护、分隔和承重等多重功能，在建筑中具有不可或缺的地位，墙体混凝土的质量直接关乎建筑的整体稳定性与安全性。然而，在墙体混凝土的养护过程中，裂缝问题却频繁出现，成为困扰建筑行业的一大难题。

墙体混凝土裂缝的产生，会对建筑质量产生多方面的严重影响。从结构安全角度来看，裂缝的出现削弱了墙体的承载能力，降低了结构的整体稳定性。裂缝破坏了混凝土的连续性和整体性，使得墙体在承受荷载时，应力分布不均匀，容易在裂缝处产生应力集中现象，进而加速结构的破坏。当裂缝发展到一定程度，可能导致墙体局部坍塌，甚至危及整个建筑的安全，给人们的生命财产带来巨大威胁。

从耐久性方面考虑，裂缝为水分、氧气及其他有害介质提供了侵入通道，加速了混凝土的碳化和钢筋的锈蚀。混凝土中的钢筋是保证结构强度的关键，一旦钢筋受到锈蚀，其截面积减小，力学性能下降，无法有效发挥承载作用，从而进一步缩短建筑的使用寿命。在一些恶劣环境下，如海边、化工厂等，有害介质对混凝土和钢筋的侵蚀更为严重，裂缝的存在会使建筑的耐久性问题更加突出。

一、墙体混凝土裂缝的类型

（一）温度裂缝

混凝土具有热胀冷缩的特性，温度的变化是导致墙体混凝土产生裂缝的重要因素之一。在混凝土的浇筑和养护过程中，水泥的水化反应会释放出大量的热量，使得混凝土内部温度急剧升高。对于大体积墙体混凝土，这种内部温度升高的现象更为明显。当混凝土内部温度升高时，其体积会膨胀，而此时混凝土外部与空气接触，温度相对较低，体积膨胀较小。这种内外温差的存在，使得混凝土内部产生压应力，外部产生拉应力。当拉应

力超过混凝土的抗拉强度时，就会导致裂缝的产生。

在高温环境下，混凝土的水分蒸发速度加快，会加剧混凝土的干缩和温度变化，从而增加裂缝产生的可能性。在夏季高温时段进行墙体混凝土浇筑时，若不采取有效的降温措施，混凝土表面温度可能会迅速升高，而内部温度由于散热较慢，仍然较高，导致混凝土表面出现裂缝。这些裂缝通常呈不规则状，可能会贯穿整个墙体截面，对墙体的结构性能产生严重影响。

相反，在低温环境下，混凝土的收缩变形会增大。当混凝土温度降低时，其体积会收缩，如果收缩受到约束，就会在混凝土内部产生拉应力，从而引发裂缝。在冬季施工时，由于气温较低，混凝土浇筑后如果没有及时进行保温养护，混凝土表面温度会迅速下降，与内部形成较大的温差，容易导致表面裂缝的产生。这种裂缝一般较浅，但如果不及时处理，随着时间的推移和温度的反复变化，裂缝可能会逐渐加深和扩展。

（二）塑性裂缝

塑性裂缝通常出现在混凝土浇筑后的初期，此时混凝土尚处于塑性状态。在这个阶段，混凝土中的水分蒸发速度较快，导致混凝土体积收缩。混凝土的收缩受到模板、钢筋或地基等的约束，不能自由变形，从而在混凝土内部产生拉应力。当拉应力超过混凝土在塑性状态下的抗拉强度时，就会产生塑性裂缝。

塑性裂缝的形态较为多样，常见的有不规则的网状裂缝和大致平行的裂缝。这些裂缝一般较浅，刚开始时可能只是表面的细微裂纹，但随着时间的推移和混凝土的继续收缩，裂缝可能会逐渐加深和扩展，甚至发展成为贯穿性裂缝。塑性裂缝通常出现在混凝土表面，特别是在混凝土浇筑面、变截面处以及钢筋密集的部位。在混凝土楼板的浇筑过程中，由于表面水分蒸发较快，容易在表面出现塑性裂缝；在墙体与梁、柱的交接处，由于混凝土的收缩受到不同程度的约束，也容易产生塑性裂缝。

塑性裂缝的产生与多种因素有关。混凝土的配合比

不合理,如水泥用量过多、水灰比过大、骨料级配不良等,会导致混凝土的收缩增大,增加塑性裂缝产生的可能性。施工环境的影响也不容忽视,高温、大风、低湿度等环境条件会加速混凝土表面水分的蒸发,从而促进塑性裂缝的形成。施工工艺不当,如振捣不密实、抹面不及时等,也会使混凝土表面的质量不均匀,增加裂缝产生的风险。

(三) 干缩裂缝

干缩裂缝是混凝土硬化后,由于水分散失而引起的体积收缩所产生的裂缝。混凝土在硬化过程中,水泥石中的水分会逐渐蒸发,导致混凝土体积减小。当混凝土的收缩受到约束时,就会在混凝土内部产生拉应力,当拉应力超过混凝土的抗拉强度时,就会形成干缩裂缝。

干缩裂缝通常在混凝土浇筑后的一段时间内出现,一般在数天至数月之间。裂缝出现的环境条件主要是干燥的空气和较低的湿度。在干燥的环境中,混凝土表面的水分蒸发速度较快,而内部水分向表面迁移的速度较慢,导致混凝土表面收缩大于内部,从而产生拉应力,引发裂缝。干缩裂缝一般为表面性裂缝,宽度较细,其走向纵横交错,没有明显的规律。在较薄的墙体构件中,干缩裂缝可能会沿短向分布;在整体性结构中,干缩裂缝多发生在结构变截面处或块体边缘。对于大体积混凝土墙体,干缩裂缝在平面部位较为多见,但侧面也可能出现,并会随着湿度和温度的变化而逐渐发展。

二、案例分析

(一) 工程概况

某人才公寓项目,总建筑面积达12万平方米,地下1层,地上17层。其墙体混凝土结构采用钢筋混凝土框架-剪力墙体系,以满足建筑的结构稳定性和空间使用需求。该项目位于城镇工业密集区域,施工场地较为狭窄,周边建筑物密集,施工环境复杂。在施工期间,当地气候多变,夏季高温炎热,最高气温可达38℃,空气相对湿度较低,平均湿度约为40%;冬季寒冷干燥,最低气温可达5℃,昼夜温差较大。墙体混凝土施工参数如表1所示。

表1 墙体混凝土施工参数表

项目	参数 / 要求
混凝土强度等级	C40
设计坍落度	160-180mm
水泥类型	普通硅酸盐水泥
水泥强度等级	42.5MPa
骨料类型	5-25mm 连续级配碎石和中砂
砂含泥量	≤ 2%
外加剂	减水剂和缓凝剂
初期养护方式	洒水养护
后期养护方式	覆盖塑料薄膜保湿养护

(二) 裂缝情况及原因分析

在墙体混凝土施工完成后的养护过程中,发现部分墙体出现了裂缝。裂缝主要集中在地下室墙体和首层部分墙体,其中地下室墙体裂缝较为严重。裂缝形态多样,主要有竖向裂缝、水平裂缝和斜向裂缝。竖向裂缝大多贯穿墙体全高,宽度在0.2-0.5mm之间,如图1所示;

水平裂缝主要出现在墙体与梁的交界处,宽度相对较窄,一般在0.1-0.3mm之间;斜向裂缝多呈45°角分布,主要出现在门窗洞口的角部,宽度在0.1-0.4mm之间。



图1 项目墙体裂缝

经分析,裂缝产生的原因是多方面的。从材料因素来看,水泥选用的普通硅酸盐水泥水化热较高,在混凝土硬化过程中释放出大量热量,导致混凝土内部温度升高,与外部环境形成较大温差,从而产生温度应力,引发温度裂缝。骨料的含泥量虽控制在2%以内,但仍对混凝土的性能产生了一定影响,降低了混凝土的强度和抗裂性能,增加了裂缝产生的可能性。

施工因素也是导致裂缝产生的重要原因之一。混凝土配合比存在一定问题,水灰比略偏大,为0.55,导致混凝土的收缩增大。在浇筑过程中,由于施工场地狭窄,混凝土浇筑速度过快,且振捣不密实,部分墙体存在漏振现象,使得混凝土内部存在较多空隙和气泡,削弱了混凝土的强度,容易引发裂缝。模板拆除时间过早,在混凝土强度尚未达到设计要求的情况下就拆除了模板,导致墙体混凝土无法承受自身重量和外部荷载,从而产生裂缝。

养护因素对裂缝的产生也起到了关键作用。在夏季高温时段,洒水养护不及时,混凝土表面水分蒸发过快,导致混凝土表面干燥收缩,产生干缩裂缝。在冬季,虽然采用了覆盖塑料薄膜保湿养护的方式,但保温措施不足,混凝土在低温环境下强度增长缓慢,且由于温度变化产生的收缩应力无法得到有效释放,从而引发裂缝。

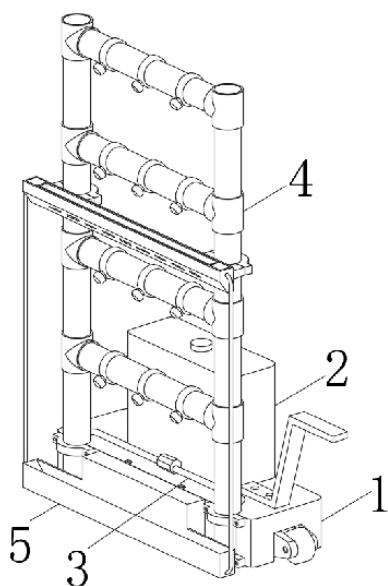
(三) 裂缝控制措施实施

针对该工程墙体混凝土出现的裂缝问题,采取了一系列裂缝控制措施。在材料方面,优化水泥品种,将普通硅酸盐水泥改为低热硅酸盐水泥,降低了水泥的水化热,减少了混凝土内部的温度升高幅度。严格控制骨料的含泥量,将其降低至1%以内,提高了骨料的质量,增强了混凝土的强度和抗裂性能。对外加剂的使用进行了优化,调整了减水剂和缓凝剂的掺量,使其更好地满足混凝土的施工和性能要求。

在施工过程中,重新优化了混凝土配合比,将水灰比降低至0.5,减少了混凝土的收缩。严格控制混凝土的浇筑速度,采用分层浇筑的方法,每层浇筑厚度控制在300mm左右,确保混凝土在浇筑过程中能够充分沉降

和密实。加强了振捣工作，采用插入式振捣器和附着式振捣器相结合的方式，确保混凝土振捣密实，避免出现漏振现象。合理安排模板拆除时间，根据混凝土的强度增长情况，在混凝土强度达到设计强度的75%以上时才拆除模板，确保墙体混凝土能够承受自身重量和外部荷载。

在养护方面，采取了新型混凝土墙面养护装置，如图1所示。



【1】装载机构、【2】储水输出系统、【3】核心的辅助机构、【4】固定喷淋系统【5】收集、活动、连接、送水组件

图2 混凝土墙面养护装置

该养护系统通过综合技术手段实现了对混凝土裂缝的多路径控制。活动组件驱动的二次布料配合S型扫描式喷水，在墙体表面形成均匀且持续的水膜覆盖，有效抑制了因水分不均导致的塑性收缩与干缩裂缝。同时，持续的水分蒸发不仅维持了表面湿度，还带走了大量水化热，显著降低了混凝土内外温差，从而缓解了温度应力引发的开裂风险。系统采用的闭环水循环机制——通过收集、过滤与再利用流程——克服了强风环境下水分快速蒸发的难题，保障了养护的连续性与水资源利用效率。此外，持续的淡水供给还在一定程度上稀释了表层混凝土中的可溶性盐分浓度，减轻了盐结晶产生的膨胀压力，进一步提升了表层的抗裂耐久性能。

同时，装置通过喷头组件向墙面喷水，水流沿墙面向下流至活动组件时被收集并重新均匀喷洒，未被吸收的水流继续下流至墙脚处的收集箱，经过滤后由送水泵再次泵送至活动组件，形成闭环循环系统。该过程不仅节约水资源，还能通过动态布水增强水膜覆盖均匀性，提升养护效果。

（四）效果评估

通过实施上述裂缝控制措施，取得了显著的效果。

在后续施工过程中，墙体混凝土裂缝的产生得到了有效控制，新浇筑的墙体未再出现明显裂缝。对已出现裂缝的墙体进行了修补处理，采用压力灌浆的方法，将环氧树脂等修补材料注入裂缝中，使裂缝得到了有效封闭，恢复了墙体的整体性和防水性能。经过一段时间的观察和检测，修补后的墙体裂缝未出现再次开裂的现象，墙体的结构安全性和耐久性得到了保障。

结语

综上所述，墙体混凝土养护过程中裂缝的产生是温度变化、干缩变形、材料特性、施工工艺及环境条件等多因素共同作用的结果。通过案例分析验证，在材料选择上优化水泥品种与骨料质量、调整配合比，施工中控制浇筑速度与振捣密实度、合理安排拆模时间，养护时采用新型闭环水循环养护装置等综合措施，可有效降低温度裂缝、塑性裂缝及干缩裂缝的发生概率。工程实践表明，这些针对性措施能显著提升墙体混凝土的抗裂性能，确保结构的整体性与耐久性，为类似气候条件和复杂施工环境下的墙体混凝土裂缝控制提供了可行的技术参考。未来研究可进一步结合智能化监测手段，实时追踪混凝土内部温度与应变变化，实现裂缝控制措施的动态优化与精准调控。

参考文献

[1] 李一民. 房屋建筑设计中的现浇混凝土裂缝控制对策探析[J]. 新材料·新装饰, 2024, 6(6): 139-142.

[2] 宋宗林. 建筑工程混凝土裂缝控制技术的改进与提高[J]. 建筑机械化, 2024, 45(04): 150-153.

[3] 杨树浩. 建筑工程混凝土施工裂缝控制技术[J]. 广东建材, 2024, 40(04): 131-134.

[4] 丁桂花. 建筑工程混凝土施工裂缝控制技术[C]// 中国建筑金属结构杂志社. 智慧建筑与经济论坛论文集, 2024.

[5] 宁志军. 建筑工程施工中混凝土裂缝的成因与治理方法[J]. 陶瓷, 2023(12): 198-200.

[6] 刘军林. 房地产建筑工程大体积混凝土裂缝控制施工技术[J]. 居舍, 2023(35): 59-61+98.

[7] 孙强, 李雨杭, 陈锦贤. 房屋建筑施工中混凝土裂缝控制技术的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(16): 161-163.

[8] 罗文晓. 混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2020.

[9] 冯翰章. 高层建筑施工中混凝土裂缝成因分析及防控体系优化研究[J]. 建筑施工, 2022.

[10] Kim Y J, Lee S H. Crack control technologies in high-rise concrete buildings[J]. Construction and Building Materials, 2020, 230: 116946.

作者简介：杨国炜，1994-01，男，汉，福建福州人，硕士，工程师，研究方向：建筑施工。