

浅析大体积混凝土裂缝

张效国

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司

摘要：在混凝土固化阶段，由于水泥水化反应所产生的热量，混凝土内部温度可能急剧升高，导致内外温差超出安全边界。同时，混凝土表面水分的蒸发也可能触发干缩变形，这两种情况都可能造成混凝土形成有害的连续性裂缝。此外，混凝土的干缩和自收缩也可能导致表面裂缝的形成，尽管这种裂缝不直接影响结构的安全性，但如果裂缝宽度超过规定标准，可能会对结构的耐久性、防水性和完整性产生负面影响，甚至可能引发钢筋腐蚀。无论是影响外观的表面裂缝，还是影响结构安全的有害裂缝，都是建筑施工过程中必须严格控制的问题。本文从大体积混凝土裂缝产生的根本原因出发，探索了裂缝形成的机制和影响因素，并提出了一些实际工程中应用的大体积混凝土裂缝控制策略，为混凝土裂缝的有效控制提供了有力的策略。

关键词：大体积混凝土；裂缝；控制措施

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.12.192

一、大体积混凝土裂缝产生的主要原因分析

1. 水泥水化热

水泥的水化是一个热释放过程，这是混凝土温度升高的主要因素。在一般情况下，混凝土浇筑后的头七天，大部分的水化热会被释放出来。每一克水泥可以释放大约500焦耳的热量。假设每立方米的混凝土含有350到550千克的水泥，那么每立方米的混凝土将会释放出17500到27500千焦的热量。这将使得混凝土内部的温度大幅度提升，可能会升至70摄氏度甚至更高。对于大体积的混凝土，这个问题更加突出。由于混凝土内外部散热条件不均匀，混凝土的中心温度会非常高，形成温度梯度。这将导致混凝土内部产生压应力，而外表面则会产生产拉应力。当这个拉应力超过了混凝土的抗拉强度，混凝土表面就有可能产生裂缝。

2. 收缩裂缝

混凝土收缩变形是混凝土裂缝的主要原因之一，它主要受到三个因素的影响：沉降变形、干燥变形和水泥的收缩。混凝土的沉降变形主要源于混凝土的混合物，这是一个由固体颗粒（例如水泥和骨料）、水和空气组成的三相系统。在混凝土浇筑后，大部分的空气会被排出，固体颗粒开始接触并形成充满水的孔隙空间。由于颗粒之间的摩擦力较弱，不能阻止颗粒的滑动，因此它们会继续下沉，孔隙会减少。混凝土与外部接触的表面（包括浇筑层顶部和模板缝隙）的毛细吸力也会推动孔隙水的排出。这种受限的沉降导致混凝土的体积逐渐缩小，直到水泥水化产生的结构足以阻止颗粒的滑动。这种由固体下沉和孔隙减少引发的体积减小被称为沉缩。理论上，混凝土的沉缩是密实作用的延续，对混凝土性能有积极的影响。但是，在实际情况中，不均匀的沉缩可能导致形成不规则的混凝土塑性收缩裂缝，这种裂缝

通常是平行的，间距在0.2到1.0mm之间，有一定的深度，不仅可能在大体积混凝土中出现，也可能在平面尺寸大、厚度薄的结构构件中出现。

其次，混凝土的干燥变形也是一个重要的因素。混凝土在硬化后，仍然含有大量可以蒸发的水分。如果混凝土暴露在干燥的空气中（相对湿度低于95%），这些水分会逐渐蒸发。随着水分的蒸发，混凝土的外部体积会相应地减小，这种体积变化被称为混凝土的干燥收缩。单位体积混凝土发生的体积减小除以3称为干燥收缩率。由于水总是从表面开始蒸发，在干燥的空气中，混凝土表面的孔隙水很快就会蒸发，但外部的空气会扩散到表层内，取代已经蒸发的水所占据的空间。这种干燥过程会持续，直到混凝土内部最深处的蒸汽压力与外部空气的蒸汽压力达到平衡。混凝土的干燥收缩与拉伸荷载下的应变是同一数量级，在结构中的干燥收缩率常常以10为单位，如果不妥善处理，可能导致构件表面裂开甚至整体断裂。因此，合理的控制混凝土的收缩变形，是防止混凝土裂缝的关键。

3. 外界气温变化引起的裂缝

混凝土裂缝的出现往往与外部环境的温度变化有着密切的关系，这主要归因于水泥和水在反应过程中产生的热量导致的内外部温度差异。这种现象在大体积混凝土中特别明显。大体积混凝土通常需要一次性完成浇筑，浇筑后，水泥开始与水进行化学反应，过程中释放出大量的热量。由于混凝土体积巨大，这些热量在内部积聚，难以迅速散发，因此混凝土内部的温度显著升高。然而，相比之下，混凝土表面的热量散失较快，这就形成了混凝土内外部的显著温差。这种温度差异导致混凝土内部产生压应力，而表面则产生拉应力。由于此时混凝土的龄期较短，其抗拉强度相对较弱。当由温差

引发的表面拉应力超过混凝土的最大抗拉强度时，混凝土表面就会产生裂缝。因此，外部环境的温度变化是导致混凝土裂缝的一个重要因素。

为了更深入理解这个问题，我们需要考虑到混凝土的物理性质和化学反应过程。混凝土是由水泥、骨料和水混合而成的，其中水泥和水的化学反应过程会释放大量的热量。这些热量在混凝土内部积聚，形成热量密集区，由于混凝土的导热性较差，这些热量难以迅速散发。另一方面，混凝土表面的热量散失较快，这是因为混凝土表面直接暴露在外部环境中，受到环境温度和风速等因素的影响。因此，混凝土内部和外部的温度差异就形成了。

这种温度差异会引发混凝土内部和外部的应力变化。混凝土内部的高温会使其膨胀，产生压应力，而混凝土表面的低温会使其收缩，产生拉应力。这种应力变化会对混凝土的结构稳定性产生影响。特别是在混凝土的初期，其抗拉强度相对较弱，如果表面的拉应力超过混凝土的抗拉强度，就会在混凝土表面产生裂缝。这些裂缝不仅影响混凝土的外观，还可能影响其结构性能，甚至导致结构失效。

因此，控制混凝土浇筑过程中的温度变化，尤其是减小混凝土内外部的温度差异，是防止混凝土裂缝的一种重要方法。这需要在混凝土浇筑过程中采取一些措施，如使用低热水泥、控制水泥和水的配比、合理安排浇筑时间等，以降低混凝土内部的温度和减小混凝土内外部的温度差异。同时，我们也需要密切关注混凝土的养护过程，以确保混凝土在硬化过程中的温度变化在可控范围内，防止因温度变化过大而引发的混凝土裂缝。

二、大体积混凝土裂缝的预防措施

1. 注意原材料的选择

1) 水泥的选择

在执行大体积混凝土工程时，如何选择水泥是至关重要的一步，因为水泥在水化过程中会产生大量的热量，这是导致混凝土出现裂缝的主要原因。为了降低这种热量的产生，我们应该首选低热或中热的矿渣硅酸盐水泥和火山灰水泥。同时，降低混凝土中的水泥含量也是一种有效的策略，这样可以进一步降低混凝土的温度升高，从而增强混凝土硬化后的体积稳定性。然而，我们 also 需注意，减少水泥用量可能会对混凝土的强度和坍落度产生影响，为了解决这个问题，我们可以适当增加活性细掺料来替代部分水泥。这种方法不仅可以保持混凝土的强度和坍落度，而且可以有效减少水泥水化产生的热量，从而减少混凝土裂缝的产生。因此，选择合适

的水泥和适当调整混凝土的配方是防止大体积混凝土裂缝的关键。

在实际施工过程中，我们需要根据具体情况来选择合适的水泥。例如，如果混凝土的使用环境温度较高，我们应该选择低热的水泥，以减少混凝土内部的热量产生。如果混凝土的使用环境温度较低，我们则可以选择中热的水泥，以保证混凝土的硬化速度。此外，我们还需要考虑混凝土的用途和设计要求，以确定水泥的选择。例如，如果混凝土需要有较高的抗压强度，我们则需要选择高强度的水泥。如果混凝土需要有较好的耐腐蚀性，我们则需要选择具有耐腐蚀性的水泥。

在调整混凝土的配方时，我们需要根据混凝土的使用条件和设计要求来进行。例如，如果混凝土需要有较好的流动性，我们则需要增加水泥的含量。如果混凝土需要有较好的耐久性，我们则需要减少水泥的含量。此外，我们还可以通过添加不同的掺料来改善混凝土的性能。例如，我们可以通过添加活性细掺料来提高混凝土的强度和耐久性，也可以通过添加矿物质掺料来降低混凝土的热量产生。

选择合适的水泥和适当调整混凝土的配方是防止大体积混凝土裂缝的关键。我们需要根据混凝土的使用条件和设计要求，以及混凝土的使用环境温度来进行选择和调整。只有这样，我们才能确保混凝土的质量，防止混凝土裂缝的产生，保证混凝土工程的成功完成。

2. 采用合理的施工方法

1) 控制混凝土入模温度

在混凝土施工过程中，管理和控制混凝土的入模温度至关重要。入模温度与混凝土的出机温度密切相关，并受到运输方式、运输距离、转运频次以及施工环境等多个因素的影响。在炎热的环境下进行工程施工时，我们可以实施一些策略以减低混凝土的入模温度。例如，可以在工地上用布料覆盖露天堆积的沙石，以降低阳光对其的热辐射。同时，我们还可以在混凝土浇筑前使用冷水对沙石进行冷却，并在混合过程中向混凝土中加入冰水。

然而，在寒冷的季节施工，我们需要维持混凝土的较高浇筑温度，以防止混凝土在早期阶段冻结。在这种情况下，我们需要在浇筑混凝土前对基础和新混凝土接触的冷壁进行蒸汽预热，并根据气温的高低，对原材料进行适当的加热处理。

总结来说，无论是在高温还是低温的环境下施工，我们都需要实施适当的策略来控制混凝土的入模温度，以防止由温度变化引发的混凝土裂缝。这一步骤对于确保混凝土的质量和防止裂缝的形成至关重要。我们需要

根据混凝土的使用环境和设计要求，以及混凝土的物理和化学性质，来选择合适的温度控制策略。只有这样，我们才能确保混凝土的质量，防止混凝土裂缝的产生，保证混凝土工程的成功完成。

2) 严格控制混凝土的浇筑速度

在混凝土施工中，精确调控浇筑速度是关键的一环。我们应避免一次性浇筑过多或过厚的混凝土，以确保混凝土温度的均衡升高，从而防止由于温差造成的裂缝形成。为实现这个目标，我们需要严格执行振捣操作，以保证混凝土的均匀密实。振捣的时间、振捣的移动距离以及振捣的深度都是必须精细控制的环节，我们需要避免过度振捣或振捣不足的情况。

在施工过程中，我们需要根据混凝土的特性和施工环境，制定出恰当的浇筑速度和振捣计划。这需要对混凝土的性质和施工环境有深入的理解，同时也需要我们具有丰富的施工经验。只有这样，我们才能有效地控制混凝土的浇筑速度，保证混凝土的质量，从而防止裂缝的产生。

因此，无论是在高温还是低温环境下，我们都需要采取适当的措施来控制混凝土的入模温度，以防止由于温度变化引起的混凝土裂缝。这一步骤对于确保混凝土的质量和防止裂缝的形成至关重要。我们需要根据混凝土的使用环境和设计要求，以及混凝土的物理和化学性质，来选择合适的温度控制策略。只有这样，我们才能确保混凝土的质量，防止混凝土裂缝的产生，保证混凝土工程的成功完成。

混凝土的养护是大规模混凝土施工中不可忽视的一环。我们需要维持适宜的温度和湿度环境，从而控制混凝土内外的温差，推动混凝土强度的正常增长，同时也能防止裂缝的产生和扩展。从混凝土浇筑完毕到最终凝固这段时间的养护对混凝土的质量起着决定性的作用。混凝土浇筑完成后，我们需要立即覆盖混凝土的顶部，保证覆盖的密封性，并定期检查覆盖的保湿效果。这样可以实现蓄水保温的效果，防止表面水分的蒸发，抵御太阳辐射和风的影响，同时也能保持混凝土内外温差的稳定性。

三、大体积混凝土裂缝的处理方法

如果没有有效的预防措施，或者大体积混凝土的使用条件恶劣，会使大体积混凝土工程产生裂缝，对于这些已经产生的裂缝，需要有一些处理方法，来保证大体积混凝土的正常工作。

1. 表面修补法

表面修补法是一种广泛应用且简便的混凝土裂缝修补技术，主要适合处理对结构承载力无影响且稳定的表

面裂缝，以及一些深入的裂缝。常规的修补步骤包括在裂缝表面施用水泥浆或环氧胶泥，或者在混凝土表面涂上油漆、沥青等防腐材料。这些方法旨在防止裂缝的扩展和深化，同时也起到了保护混凝土的作用。为了进一步防止混凝土在各种外部作用力下继续开裂，我们还可以在裂缝表面粘贴玻璃纤维布等增强材料，增加混凝土的抗裂能力。表面修补法是一种经济、高效且实用的混凝土裂缝修补方法。

结论

混凝土作为当前建筑行业中使用最广泛的材料，其在各种工程领域中都发挥着至关重要的作用，包括工业和民用建筑、水利工程、城市建设、农林、交通以及海港等。然而，混凝土的使用并不是没有问题的。例如，大体积混凝土在受到温度影响时，容易产生温度裂缝。这种裂缝的产生，无疑给工程师在设计和施工过程中带来了一定的困扰。因此，如何有效地控制这种裂缝的产生，以及如何在设计中考虑到这种裂缝的影响，成了工程实践中需要解决的重要问题。

在这篇文章中，我们着重从大体积混凝土裂缝产生的基本原因进行了深入探讨，分析了裂缝产生的机理和影响因素，并在此基础上，提出了一些常用的大体积混凝土裂缝控制方法。我们认为，理解裂缝产生的原因和影响因素，以及掌握有效的裂缝控制方法，对于提高大体积混凝土工程的质量，有着十分重要的作用。我们必须认识到，优质的大体积混凝土工程对于国民经济的发展，具有极其重要的意义。大体积混凝土工程不仅是建筑行业的重要组成部分，也是推动国民经济发展的重要基础设施。因此，我们有必要对大体积混凝土裂缝的产生机制进行更深入、更系统的研究。在未来的研究中，我们将继续深入探讨大体积混凝土裂缝的产生机制，寻找更有效的裂缝控制方法，以期能够为大体积混凝土工程的设计和施工提供更科学、更有效的指导。我们相信，通过我们的努力，能够为解决大体积混凝土裂缝问题，提高工程质量，推动国民经济的发展，做出积极的贡献。

参考文献

- [1] 吕睿, 刘依群. 薄板混凝土温度应力及温度裂缝问题的探讨[J]. 海河水利, 2021(4)
- [2] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [3] 金庭节, 陆忠明. 电测法检测混凝土裂缝的亚临界扩展量[J]. 水电科研与实践, 1997, 31(1): 31-36