

建筑施工中高强度混凝土施工技术与质量控制措施

●马慧亭 张建光



[摘要] 高强度混凝土作为一种具备优异力学性能和耐久性的建筑材料,不仅在提高结构安全性方面发挥着重要作用,还在保障建筑物长期稳定性和抗灾能力方面具有独特优势。本文通过探讨高强度混凝土施工技术与质量控制措施,对高强度混凝土的基本特性与施工要求的进行了深入分析。该分析可以提升施工过程中的质量控制水平,从而有效地推动建筑行业的技术进步,并为现代建筑施工中结构的安全性、稳定性和耐久性提供有力保障,从而满足日益严格的建筑标准和日益增长的工程要求。

[关键词] 建筑施工;高强度混凝土;施工技术;质量控制措施

尽管高强度混凝土在现代建筑中的优势明显,但其施工过程复杂,对施工技术、工艺和质量控制的要求也更高。混凝土的配比设计、搅拌、浇筑、振捣及养护等环节,均需要严格控制,任何一个环节的失误都会导致混凝土的性能不达标。因此,如何在建筑施工中有效控制高强度混凝土的质量,确保其施工技术的合理性,已成为当前建筑领域亟待解决的重要课题。

Q 高强度混凝土的施工技术与质量控制措施

(一)原材料选择与配比设计

高强度混凝土常使用普通硅酸盐水泥、高炉矿渣水泥和矿粉水泥等类型。采用低水胶比时,矿物掺合料可以有效填充水泥颗粒之间的微孔,降低孔隙率,从而提高混凝土的强度和耐久性。水泥的细度直接影响水泥与水的反应速度和水化程度。较高的水泥细度有助于提高混凝土的早期强度,但也会导致更大的收缩。因此,在混凝土中,需要适当平衡水泥的细度。部分高性能水泥,如含有高炉矿渣、硅灰的水泥,能够改善混凝土的耐久性和抗裂性,特别是在耐高温、抗渗透等方面表现出色。

粗骨料的强度应高于或等于混凝土的设计强度,选择具有良好机械性能的高强度骨料,能够增强混凝土的抗压和抗拉强度。粗骨料的表面粗糙度越大,与水泥浆的粘结性越好,可以显著提高混凝土的强度。细骨料如砂需要洁净、无杂质,并且颗粒形状适宜,粗细适中。颗粒形状良好的细骨料有助于提高混凝土的密实性和强度。理想的砂子应

具有均匀的粒径和良好的级配,以减少水泥浆的用量并提高密实度。减水剂是混凝土中常用的外加剂,能够在不增加水的情况下提高混凝土的流动性,同时降低水胶比,进而提高混凝土的强度。早强剂可以加速水泥的水化反应,缩短初凝时间,增强早期强度,适用于在寒冷季节施工或需要快速达到较高强度的工程。膨胀剂用于改善混凝土的收缩性,减少裂缝的产生,尤其适用于干燥环境下或大体积混凝土施工中。矿物掺合料能够有效改善混凝土的微观结构、提高其耐久性,并对混凝土的力学性能产生积极影响。硅灰是提高混凝土强度和耐久性的重要掺合料,能够填充混凝土中的微小孔隙,减少孔隙率,从而提高密实度和抗渗性。粉煤灰具有较好的填充效应和缓凝作用,其能够提高混凝土的抗冻性和抗化学腐蚀性,并且能降低热量产生,适用于大体积混凝土施工。矿渣掺合料能够改善混凝土的工作性,增强其抗渗性和抗化学腐蚀性,尤其在潮湿和海水环境中,矿渣能有效提高混凝土的耐久性。

合理的配比不仅能提高混凝土的强度和耐久性,还能确保施工的可操作性和长期稳定性,配比设计应根据具体工程的需求、环境条件及经济性进行优化。为了获得高强度,必须将水胶比控制在较低的范围(一般为0.25~0.40),这是获得高强度混凝土的关键。合理的粗骨料与细骨料比例、粒径分布及级配有提高混凝土的密实性,减少水泥用量,增强其强度。同时,根据混凝土的使用环境,合理选择和控制外加剂的用量,可以确保混凝土的工作性、强度和耐久性。

（二）搅拌与运输工艺

高强度混凝土的搅拌通常采用强制式搅拌机，如双卧轴强制搅拌机。强制式搅拌机具有较好的混合均匀性和较高的搅拌效率，适合高强度混凝土的生产。搅拌机的容量应根据实际工程需要和生产规模选择。为了确保高强度混凝土的均匀性，搅拌机的容量应足够大，避免一次搅拌过多导致混凝土搅拌不均匀。一般情况下，高强度混凝土的搅拌时间应在2~5分钟之间。搅拌时间过短会导致组分混合不充分，强度下降；搅拌时间过长，则会导致水泥水化反应过快，产生过多的热量，影响混凝土的工作性和强度。搅拌完成后，应通过取样检查混凝土的一致性，确保混凝土的湿度、流动性和均匀性符合要求。在搅拌顺序中，首先将骨料加入搅拌机中，待其均匀混合后，再加入水泥和外加剂，最后缓慢加入水，确保水与水泥充分接触，避免形成水泥团块，影响混凝土质量。外加剂应根据混凝土的具体需求加入，为了防止外加剂与水泥的反应不完全，通常在搅拌过程中加入水或与一定量的水混合后再加入混凝土搅拌机。

为了确保混凝土在运输过程中保持均匀，通常使用混凝土搅拌车。搅拌车可以通过持续旋转搅拌筒，确保混凝土在运输过程中不发生分层、离析或凝结。混凝土应尽量在30~60分钟内完成运输并浇筑，以避免混凝土在运输过程中过早凝结。对于较远的施工现场，应采取保温措施，避免混凝土在运输过程中出现温度过低或过高的情况。运输过程中温度过高时，应采取适当的保温措施，确保混凝土的温度在适宜范围内（通常为10℃~30℃）；在低温环境下，应采取防冻措施，如使用温水、保温运输工具等。在运输前，应对混凝土搅拌车进行检查，确保设备正常，避免运输过程中发生故障。运输过程中，应定期振动或轻微搅拌，以确保混凝土的均匀性和稳定性。混凝土到达施工现场后，应立即进行浇筑，避免发生过度凝结。

（三）浇筑与振捣技术

在混凝土浇筑时，特别是对于大体积或复杂结构的施工中，应采用分层浇筑的方式。每一层的浇筑厚度应根据施工条件和混凝土的流动性来确定，通常在20~30厘米之间。分层浇筑能够有效避免混凝土在浇筑过程中产生分层现象，确保混凝土在整个结构中的均匀性。每一层浇筑完成后，应等待一定的时间，以确保下层混凝土具有足够的强度，避免层间结合不良。一般来说，每层浇筑之间的间隔时间应控制在1小时以内，具体时间可根据环境温度、混凝土强度等因素灵活调整。在一些工程中，特别是较大体积的混凝土浇筑，建议连续浇筑，以减少因停顿而导致的冷缝。若因施工条件无法避免停顿，应采用适当的措施，如接缝处理和浇筑温度的控制。高强度混凝土中使用的骨料通常较为粗大，因此浇筑过程中必须防止混凝土离析。

离析不仅会影响混凝土的均匀性，还会导致结构局部强度不足。为了防止离析，应尽量减少浇筑的高度，避免混凝土因自由下落产生过大的冲击力，造成骨料分离。一般来说，浇筑高度不应超过2米。此外，应采用合适的导管或布料设备，以确保混凝土均匀分布，避免在浇筑过程中发生离析现象。

振捣是混凝土施工中至关重要的一步，主要目的是去除混凝土中的空气，减少水泥浆与骨料之间的空隙，从而提高混凝土的密实度和强度。对于高强度混凝土，振捣工艺更为复杂，必须根据混凝土的性能和施工要求进行精确控制。内振器通常为电动振动棒，直接插入混凝土内部，通过振动使混凝土密实，其使用非常广泛，特别是在大型混凝土结构中，能够有效地排除气泡和水分，提高混凝土的密实度。振动棒插入深度不宜过深，一般插入的深度应控制在15~20厘米，以避免造成过度振动和混凝土的离析。振动时间不宜过长，通常每次振动时间应控制在5~10秒之间，过长的振动时间会导致水泥浆的上浮，影响混凝土的稳定性。外振器通过外部震动源对混凝土进行振动，常用于无法直接接触混凝土内部的特殊工程中。例如，采用大型振动台或固定安装的振动设备进行结构体的振捣，外振法适用于大面积或大体积混凝土浇筑。在振捣过程中，必须确保混凝土的均匀性，特别是在高强度混凝土的施工中，必须避免混凝土内部出现气泡、空隙和分层。通过均匀振捣，可以确保混凝土在所有区域都能达到一致的密实度。适当的振捣能有效去除混凝土中的空气，减少空隙率，显著提高混凝土的密实度。这不仅能提高混凝土的整体强度和结构的稳定性，还能避免水泥浆过度流失或气泡产生，减少内部缺陷，从而延长混凝土的使用寿命。

（四）养护措施

高强度混凝土的养护温度应维持在10℃~25℃之间，此温度范围能够保证水化反应顺利进行，避免因温度过低或过高而导致水化不完全或水分流失。在冬季施工时，可采用加热养护技术，使用电热带、热风等加热方式提高养护环境温度，保持温度在15℃以上，以确保混凝土水化反应的顺利进行。夏季施工时，需避免高温下暴晒，应采用遮阳或降温措施，如喷洒水雾、覆盖湿麻布或塑料薄膜等，保持混凝土表面湿润，防止水分过快蒸发。高强度混凝土的养护湿度应保持在95%以上，确保混凝土表面能够保持足够的湿润状态，从而促进水化反应的持续进行。在初期养护阶段，混凝土表面可通过覆盖塑料薄膜、湿麻布等方式保持湿润，避免水分的过快蒸发。在热天气条件下，可以通过定期喷水、使用湿润覆盖物或保湿纸等方法保持混凝土的湿度，防止水分的快速流失。

湿养护采用覆盖湿布、喷水等方式，保持混凝土表面湿

润,确保水化反应顺利进行。对于较小规模的施工项目,可以使用湿麻布覆盖,定期喷水,确保混凝土表面始终处于湿润状态。对于大规模或特殊结构,可以采用保湿膜或塑料薄膜覆盖表面,减少水分蒸发。在低温环境下施工时,可采用电热带、电热板等加热设备,确保混凝土在适宜的温度条件下进行水化反应,温控设备需要严格监控温度,避免过高或过低的温度影响水化反应。对于某些小型构件或试块,可以使用水池浸泡养护,确保完全湿润并促进水化反应的进行。膜养护通过使用专门的养护膜,不仅能够有效封闭混凝土表面,防止水分流失,保持表面湿润,还能提供适当的温度控制,减少外界环境对养护效果的影响。

Q 高强度混凝土施工中的质量检测与评估

(一)无损检测技术

超声波检测技术通过将超声波发射器放置在混凝土表面,发射超声波并接收回波信号。回波信号的时间差、强度和波形变化能反映混凝土的内部状态。对于密实度较好的混凝土,超声波传播速度较快;而对于存在空洞、裂缝或蜂窝等缺陷的混凝土,超声波传播速度则会变慢,衰减较大。超声波检测无需破坏混凝土结构,能够在施工后快速进行检测,并且还能穿透较厚的混凝土层,对于较深层次的缺陷进行有效检测。通过测量超声波的传播时间和速度,可以较为准确地评估混凝土的质量,特别是在检测混凝土的均匀性、裂缝和密实度方面具有显著的优势。超声波检测常用于检测高强度混凝土的裂缝、空洞、分层、蜂窝等缺陷,尤其在高层建筑、桥梁及其他重大工程中,用于检测结构内部的潜在问题。

回弹法利用回弹仪(即回弹锤)向混凝土表面施加一定的冲击力,测量回弹仪的回弹值。回弹值与混凝土的表面硬度呈正相关,表面硬度较大的混凝土通常表示其内部较为致密、强度较高。通过标准曲线,将回弹值与混凝土的抗压强度进行关联,可以估算出混凝土的强度。回弹法操作简单,不需要复杂的设备和准备工作,适用于现场检测,能够迅速得到结果,尤其适用于施工过程中需要实时反馈的场景。回弹法广泛应用于高强度混凝土的强度初步检测,尤其在修复、加固或检测现有结构的过程中,能够快速获取混凝土的强度分布信息。

(二)强度检验

高强度混凝土的抗压强度一般在 40MPa 及以上,根据不同工程要求,需要达到更高的强度等级。强度检验是确保高强度混凝土质量的有效手段。通过对试块进行定期强度测试,可以及时发现施工中的问题并纠正。例如,如果

发现混凝土的试块强度低于设计要求,可以通过调整配比、控制搅拌与运输过程、加强养护等措施进行改进,从而防止结构安全隐患的发生。

混凝土试块是评估混凝土强度的基础。试块的制备、养护及检测方法需严格按照规范进行,以确保测试结果的准确性和可靠性。混凝土试块应由施工现场采样制成,制备时需要确保混凝土样本的均匀性和代表性,并要保证混凝土的配合比和水胶比符合设计要求。试块制备后应在标准养护条件下进行养护,通常在恒温湿度环境下(温度为 20±2℃,湿度为 95%以上)进行养护。养护时间一般为 7 天、14 天、28 天等。在试块养护过程中,严禁受到外界环境的干扰,避免因温度波动、湿度不足等因素影响养护效果。抗压强度测试通常使用压力试验机进行,确保其具有足够的精度,试验机应能够提供稳定的加载速率,并准确记录施加的负载。从养护环境中取出混凝土试块,检查其外观和尺寸是否符合要求。将试块放置在试验机中,施加均匀的压力,直到试块发生破裂,常规的加载速率是每分钟加压 0.2MPa。记录破坏时的荷载,利用公式计算混凝土的抗压强度。根据测试结果判断混凝土是否满足设计强度要求。如果试块抗压强度达到或超过设计强度的 95%,则认为该混凝土符合质量要求。

Q 结束语

综上所述,高强度混凝土的施工过程需要精细的质量控制管理和严格的技术控制。从原材料选择到混凝土配比设计,再到搅拌、运输、浇筑、振捣及养护等各个环节,都需确保技术措施的准确实施,以确保混凝土的高强度与耐久性。同时,利用无损检测技术强度校验可以有效评估混凝土的内部质量,确保其达到设计要求。

参考文献

- [1]肖平,史健宇,严云跃,等.超高层建筑高强度混凝土施工及质量管控要点[J].江苏建材,2022(06):39-41.
- [2]汤永刚.高强度混凝土施工及质量管理措施研究[J].居舍,2022(35):169-171.
- [3]李勇.超高层建筑高强度混凝土泵送施工工艺研究[J].工程技术研究,2022,7(09):106-108.

作者简介:

马慧亭(1993—),女,汉族,山东菏泽人,本科,助理工程师,山东鸿源项目管理有限公司,研究方向:建筑工程。

张建光(1993—),男,汉族,山东济南人,本科,济南瑞华置业有限公司,研究方向:建筑工程。