

建筑工程管理中混凝土强度质量控制的关键因素分析

刘和兵

江苏润祥建设集团有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i10.8457

[摘要] 混凝土强度是衡量建筑工程质量的核心指标之一，直接影响结构物的承载能力、抗震性能和服务寿命。在实际工程中，混凝土强度受多种因素综合影响，其质量控制属于复杂的系统工程，随着建筑技术的持续发展与工程标准要求的不断提高，对混凝土强度的质量控制也提出了更为严苛的要求。本文首先概述混凝土工程质量控制的重要性，基于建筑工程管理中混凝土强度质量控制的关键因素，构建混凝土强度和质量防护措施，以期对相关工程提供参考。

[关键词] 工程管理；混凝土强度；质量控制；关键因素

Analysis of Key Factors in Concrete Strength Quality Control in Construction Project Management

Liu Hebing

Jiangsu Runxiang Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] Concrete strength serves as a core indicator for evaluating construction project quality, directly influencing structural load-bearing capacity, seismic performance, and service life. In practical engineering applications, concrete strength is affected by multiple factors, making quality control a complex system engineering task. With continuous advancements in construction technology and increasingly stringent engineering standards, stricter requirements have been imposed on concrete strength quality control. This paper first outlines the importance of quality control in concrete engineering. Based on key factors in concrete strength quality control within construction project management, protective measures for concrete strength and quality are established, aiming to provide reference for related projects.

[Key words] Engineering management; Concrete strength; Quality control; Key factors

引言

混凝土属于现代建筑工程的关键结构材料，其强度和质量直接关系到建筑的安全性、耐久性和使用性能。随着我国建筑行业的发展，越来越多的超高层建筑、大跨度结构及特殊功能建筑对混凝土强度和质量提出了更高的要求。在实际工程当中，混凝土强度受原材料品质、配合比规划、施工工艺、养护状况等诸多因素的错综复杂影响，任何因素的失控都会造成强度不符合标准，从而影响整体工程质量^[1]。因此，系统地分析混凝土强度质量控制的关键性因素，构建科学合理的混凝土强度质量管理体系，对于保证工程结构安全、延长使用寿命、降低维护成本都具有重大意义。

一、混凝土工程质量控制的重要性

混凝土作为现代建筑工程中应用最广泛的建筑材料，其质量控制直接关系到工程结构的安全状况、持久性以及总体稳定性。首先是混凝土质量。混凝土的强度不够会导致结构承载力降低，严重时可能发生坍塌事故，历史上因混凝土质量问题

导致的工程事故屡见不鲜，充分证明了质量控制的重要性，通过严格的原材料检验、配合比设计和施工工艺控制，可确保混凝土强度达到设计要求，为工程结构提供可靠保障。其次，质量控制影响工程耐久性。混凝土的耐久性直接关系到建筑物的寿命和维护成本。通过控制水胶比、掺合料用量和养护条件，能明显改善混凝土的抗渗性、抗冻性和抗腐蚀性能，延长结构使用寿命，降低后期维护费用。第三，经济效益显著。质量控制要花费一些成本，但是与因为质量问题需要返工、修补或者重建所花费的钱相比，预防性质量控制的成本较低，可以节约大量资源，符合可持续发展的要求。

二、建筑工程管理中混凝土强度质量控制的关键因素

（一）原材料质量控制

1. 水泥材料控制

水泥是混凝土的胶凝材料，其质量直接影响到混凝土的最终强度。水泥的强度等级、化学成分、细度和凝结时间等都须符合国家标准的要求，在实际工程中，应保证水泥品种与设

计混凝土强度等级一致，不同品种水泥不得混用。火山灰质水泥由于早期强度增长较慢，不宜用于泵送混凝土和高强度等级的混凝土。水泥进场时应查验质量证明文件，按有关规定进行抽样检测，并重点检查水泥的安定性、凝结时间和水泥强度指标^[2]。储存的时候要做好防潮处理，水泥容易发霉结块变质，如果使用过期或者受潮的水泥来做混凝土，将会影响水泥强度，严重者引发质量事故。

2. 骨料质量控制

骨料在混凝土中占总体积的 70%~80%，骨料的质量会对混凝土强度产生很大影响。粗骨料的强度、颗粒形状、级配以及最大粒径等参数需要严格控制。针片状颗粒含量较高会导致混凝土强度下降，所以粗骨料的颗粒形状要接近立方体，而细骨料则应该选用级配优良、杂质含量低的天然砂或机制砂。含泥量过大影响水泥与骨料的粘结力，降低混凝土强度，骨料含水率的变化直接影响水灰比，因此搅拌前应准确测定骨料的含水率并及时修正配合比。

(二) 配合比设计优化

1. 水灰比控制

水灰比是影响混凝土强度的关键因素之一，当水灰比过大时，多余的水分蒸发后会留下空隙，导致混凝土的密实度和强度下降；水灰比过小时，会导致工作性差、施工困难^[3]。应根据工程需要、施工条件等来确定一个最适宜的水灰比，高强度混凝土的水灰比一般为 0.25~0.35，普通混凝土的水灰比宜采用 0.4~0.6，使用中还要考虑到外加剂的减水效果，调整好水灰比。

2. 外加剂与掺合料应用

合理使用减水剂、引气剂等外加剂能改善混凝土性能，提高强度及速度。减水剂能在保持工作性不变的情况下减少用水量，降低水灰比，提高混凝土的强度。引气剂产生的小气泡可以提高混凝土抗冻性，但是加入过量的引气剂会使强度降低。掺合料如粉煤灰、矿渣粉等能够减少水泥用量，并能改善混凝土的微观结构，提高其长期强度。粉煤灰的火山灰效应可降低氢氧化钙含量，形成大量的 C-S-H 凝胶，提升混凝土的密实度和耐久性。

(三) 施工工艺控制

1. 搅拌与运输控制

混凝土搅拌质量关系到混凝土的均匀性及其强度的发展。必须充分搅拌，使各种材料均匀混合。一般情况强制式搅拌机搅拌时间不少于 60 秒，自落式搅拌机不少于 90 秒，在搅拌时注意控制投料顺序和搅拌速度。运输时防止混凝土离析和坍落度损失，运输时间不超过初凝时间。高温季节要采取隔热措施。泵送混凝土时，合理布置泵管，尽量少设弯头和变径以减小泵送阻力，泵送前后均应使用与原砂浆相同配合比的砂浆润滑管道。

2. 浇筑与振捣控制

浇筑前应检查模板尺寸、位置及稳定性，确保符合设计要求。浇注要分层，每层不要超过振捣器作用半径的 1.25 倍^[4]。上下层浇注间隔时间不超过初凝时间，以免出现冷缝。振捣是保证混凝土密实的重要工序，要选好振捣设备，了解振捣方法与时间。振捣不够，易使混凝土不密实，出现蜂窝麻面；过度振捣则会导致骨料下沉、浆体上浮，产生不均匀现象，应以混凝土表面出现浮浆、不再冒气泡为准。

(四) 养护条件管理

1. 温度与湿度控制

养护条件对于混凝土强度的发展至关重要，水泥水化反应需要具备适当的温度和湿度条件，若养护不到位便会造成强度发展受阻或者产生裂缝。标准养护温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，施工现场养护时，要进行覆盖保湿，避免水分过快蒸发，夏季施工时，避免太阳光直接照射，并采取喷水降温措施；冬季施工时，应采取保暖措施，防止混凝土受冻。

2. 养护时间控制

养护时间要保证混凝土强度达到设计要求。普通硅酸盐水泥混凝土的养护时间不应少于 7 天，掺用掺和料或处于干燥环境下的混凝土养护时间应适当延长至 14 天，高强度等级混凝土及大体积混凝土的养护时间宜适当延长。拆模时间应根据混凝土强度发展情况而定，不能过早拆模。侧模一般应在混凝土强度达到 2.5MPa 以后方可拆除，底模需待混凝土强度达到设计强度的 75%以上（跨度 $\leq 8\text{m}$ ）或 100%（跨度 $> 8\text{m}$ ）时才能拆除。

三、混凝土强度和质量防护措施

(一) 加强骨料质量控制

在选择细骨料时，首先，细骨料粒径等级不同对混凝土性能的影响也很大。细砂过量使用会导致混凝土出现泌水情况，从而破坏其工作性、均质性等。对此，应当首先选用级配较好的粗砂或中砂作为骨料，以改善混凝土内部结构。在降低水泥用量的同时，还能大幅提高混凝土的抗压强度^[5]。第二，严格核查细砂的含泥量、泥块含量等重要指标，确保其符合国家标准。利用专业的化学检测方法测定骨料的碱活性，防止由于碱—骨料反应导致混凝土内部出现裂缝，从而保证工程具有长期稳定性。

粗骨料的质量控制方面，第一，混凝土用粗骨料可选择天然石料或人造碎石。人造碎石颗粒形状及级配更容易控制，与天然石子相比，能够更好地提高混凝土的密实度和强度。第二，粗骨料粒径大小既要满足强度又要考虑经济性：适当增大石料粒径有利于提高混凝土的强度，但是由于集料堆积体积较大，容易造成空隙率过高。所以应选用不连续级配的粗骨料，通过改善颗粒级配减少内部空隙，在保证混凝土强度的同时节约水泥用量，既考虑工程质量，又考虑工程造价。

(二) 加强过程控制与技术创新

过程控制是混凝土质量保障的关键一环，要从影响质量的

全部要素入手,开展全方位把控,在施工全过程中,要着重抓牢搅拌、振捣、养护三大关键环节。搅拌时务必让原材料配比准确,搅拌均匀,防止由于配比不准或者搅拌不充分造成强度不够。振捣时要保证密实程度,不能有蜂窝、麻面等缺陷。养护方面,则是要给混凝土强度的发展营造适宜环境,为质量打好基础。针对原材料性能、配合比设计、生产工艺参数等关键影响因素,形成全链条管控机制,从源头上避免质量问题。技术创新是提升混凝土质量的关键,采用先进的智能技术手段建立混凝土强度智能预警系统,通过对影响因素与混凝土强度之间的非线性关系进行建模分析,来提前预警质量问题及实时调节。

(三) 实施精细化养护管理

养护是混凝土强度发展和耐久性提高的重要时期,保持一个良好的温湿度条件,防止混凝土脱水、冻害、暴晒等导致混凝土开裂或强度不足。施工时要按照标准开展养护,依照混凝土种类和环境状况,采取覆盖保湿材料、定时喷水养护等方法,保证混凝土在硬化期内水分充足,发挥出设计强度。不同季节与环境条件下要制定不同的专项养护方案,做到精细管理。在冬季施工时,必须采取保温棚覆盖以及加热保湿等措施来预防低温使混凝土冻坏;在夏季高温或者干燥的情况下,则要加强遮阳防晒,并且加大喷水间隔以防止水分快速蒸发造成表面开裂现象的发生;雨季期间也应做好防雨防护及排水疏导工作,以免雨水冲刷破坏混凝土表面质量及强度发展过程中的稳定性,通过科学精准地实施养护管理工作,从而提升整个工程项目的使用寿命。

(四) 完善检测手段与验收标准

混凝土质量验收既要考虑其外观,也要考察内部性能,用检测数据作为主要判断依据,看混凝土强度是否达到设计标准。要创建传统检测与现代技术相融合的多种检测体系,既要保留试块抗压强度测试等经典方法,又要采用无损检测技术,从而做到对混凝土质量进行全面而精确的评价。常用的混凝土强度和质量检测方法各有所长,可根据工程实际需要综合运用,射钉法操作简单快捷,可用于快速检测表层强度。钻芯法检测结果直观可靠,能真实反映混凝土内部的实际强度,回弹法不需要破坏结构,可以用于大面积的快速筛查,采用多种检测方法相互补充,以获得更多的质量信息,避免单一检测方法的局限性。

四、案例分析

(一) 工程概况

本工程单体建筑包括运行中心、机房楼 A、动力楼,总建筑面积 116903 m²,其中地上 99201 m²,地下 17702 m²。运行中心地上 9 层、地下 2 层,机房楼 A 地下设备夹层、动力楼局部地下一层,结构形式为钢筋混凝土框架结构。

(二) 质量控制措施

1. 原材料控制方面

采用固定产地的 P·042.5 和 P·II52.5 水泥,严格控制水泥的安定性和强度稳定性;粗骨料采用 5~25mm 连续级配花岗岩碎石,压碎指标控制在 6% 以下;细骨料采用细度模数 2.6~2.9 的中砂,含泥量控制在 1.5% 以下。

2. 配合比优化方面

通过正交试验设计优化配合比参数,C80 混凝土采用水胶比 0.26,硅灰掺量 8%,矿渣粉掺量 15%,高效减水剂掺量 1.8%。混凝土坍落度控制在 240±20mm,扩展度≥600mm,满足自密实要求。

3. 施工过程控制

采用 GPS 实时监控混凝土运输车辆位置,确保浇筑连续性;浇筑时采用分层浇筑法,每层厚度不超过 50cm;振捣采用高频振捣器,严格控制振捣时间和间距。采用自动喷淋养护系统,保持混凝土表面湿润;核心筒墙体采用带模养护,模板拆除后立即涂刷养护剂;加强温度监控,控制内外温差不超过 20℃。

(三) 实施效果

通过全过程质量控制,混凝土强度发展良好:

C60 混凝土 28 天强度平均值为 68.7MPa,标准偏差 2.3MPa,强度保证率 96.5%;C80 混凝土 28 天强度平均值为 88.9MPa,标准偏差 3.1MPa,强度保证率 95.8%;芯样强度检测结果表明,实体混凝土强度与试块强度比值为 0.92~1.05,均匀性良好;超声波检测显示混凝土密实度达标,无严重缺陷。

五、结论

综上所述,混凝土强度质量控制是涵盖原材料、配合比、施工工艺、养护全过程的系统工程,要精准把控主要影响因素,落实骨料优化、过程管控、精细化养护、多元检测等措施,形成闭环管理。同样通过案例实践来论证,好的管控措施确实能保证混凝土达到预期强度、工程维持质量水平,在未来发展中,要持续技术创新与精细化管理相结合的方式,提高各环节的协调性,为建筑结构安全、耐久及行业的可持续发展提供保障。

[参考文献]

- [1]路铠风.预制装配式混凝土住宅施工关键技术研究[D].华北水利水电大学,2021.
- [2]李芳定.大体积混凝土施工质量影响因素分析及综合控制策略研究[J].房地产导刊,2025(11).
- [3]叶超.水泥混凝土配合比设计方法及配合比优化[J].工程管理与技术探讨,2025,7(5):40-42.D
- [4]郭炜,孙晓晨.建筑工程施工中混凝土施工技术要点探究[J].中华建设,2024(7).
- [5]于晓艳,王涛,于乃智.建筑工程混凝土强度影响因素及控制措施[J].中国地名,2023(3):0121-0123.

作者简介:刘和兵,1978 年 8 月 3 日,男,镇江,汉族,本科,工程师,研究方向:建筑工程管理。