

高性能混凝土在建筑工程中的应用及其对造价的优化策略

吾拉木喀迪尔·麦麦提敏 斯迪克江·阿布都热依木 (通讯作者)

广州黄埔建筑设计院有限公司新疆第一分公司 833000

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12647

[摘要] 本文聚焦新疆地区, 深入探究高性能混凝土在建筑工程中的应用及其造价优化策略。阐述高性能混凝土的特性, 分析其在新疆建筑工程中配合比设计、搅拌运输、浇筑振捣及养护等环节的应用要点。从原材料成本控制、配合比优化、施工工艺改进及全寿命周期成本考量等方面, 提出造价优化策略, 旨在为新疆建筑行业合理应用高性能混凝土, 实现成本控制与工程质量提升的双赢提供理论与实践参考。

[关键词] 高性能混凝土; 建筑工程; 造价优化; 新疆地区

新疆位于我国的西北地区, 其独有的地理和气候特点, 例如盐碱土壤对混凝土结构构件及混凝土构件钢筋的腐蚀性较强, 为建筑材料的性质设置了严格的标准。由于其出色的强度、耐用性和工作性, 高性能混凝土在新疆的建筑行业中逐步获得了广泛的应用。但它的初始成本是比较高的, 这在某种程度上制约了它的普及。研究新疆建筑工程高性能混凝土的使用情况, 发掘其各个施工环节中的技术要点以及探究行之有效的造价优化策略对于促进新疆建筑行业高质量发展和建设成本的合理控制都有一定的实际意义。

一、高性能混凝土的概述

高性能混凝土被认为是一种新型的混凝土材料, 拥有出色的强度、持久性、工作性和体积稳定性, 诞生源自于现代建筑对于材料性能更高层次的追求, 在满足传统混凝土基本使用功能的前提下进行了全面的性能提升^[1]。

在强度方面, 高性能混凝土抗压强度一般 C30~C50 强度区间, 能够承受较大荷载, 适合高层、超高层建筑和大跨度桥梁这类对结构强度有苛刻要求的项目。

从耐久性角度来看, 高性能混凝土具有优异的性能。该材料具有较低的渗透能力, 可以有效地抵抗如氯离子、硫酸根离子等有害物质的侵入, 从而显著增强混凝土结构的抗侵蚀性能。特别是在新疆等气候复杂地区能抵御风沙侵蚀、干湿循环及昼夜温差等造成的物理、化学破坏, 显著延长建筑结构寿命。比如普通混凝土在新疆严酷的环境中可能会有 15-20 年的耐久性问题, 高性能混凝土则能使其寿命提高到 50-80 年。

二、高性能混凝土在建筑工程中的应用

(一) 配合比设计技术要点

高性能混凝土配合比设计作为决定配合比性能好坏的一个关键环节, 需要考虑诸多因素并准确控制各种组分比例, 才能适应不同建筑工程对配合比设计的要求^[2]。

从原材料的选择来看, 水泥应选用强度等级不少于 42.5 级的硅酸盐水泥或者是普通硅酸盐水泥等, 这些水泥质量比较稳定, 能为混凝土的强度奠定坚实基础, 以新疆某高层建筑项目为例, 选择优质水泥可以保证在复杂气候下混凝土仍然能够保持较好的使用性能, 对于细骨料, 建议使用粒度分布均匀的中砂, 其粒度模数应控制在 2.3-3.0 范围内, 并且泥土含量不应超过 3%。良好的粒度分布和较低的泥土含量有助于增强混凝土的性能和强度。在选择粗骨料时, 选择连续级配碎石, 确保其粒径在 5-25mm 之间, 并且针片状颗粒的含量不会超过 5%, 这样可以确保骨料与水泥浆之间有很好的粘合性, 从而提高混凝土的总体强度。

矿物掺合料在配合比设计中的应用同样至关重要。粉煤灰、矿渣粉和其他矿物掺合料能有效地提高混凝土性能。粉煤灰不仅具有形态效应, 还具有微集料效应, 能够填补水泥

颗粒之间的空隙, 从而提高混凝土的密实度, 通常的掺入量是水泥用量的 15%-30%。矿渣粉具有很高的活性, 能够参与水泥的水化反应, 从而提升混凝土的后期强度, 通常的掺入量是 20%-40%。合理地掺入矿物掺合料不但可以减少水泥用量、降低混凝土水化热, 而且可以改善混凝土的耐久性、工作性。

(二) 搅拌与运输技术把控

搅拌与运输是从原材料到施工现场高性能混凝土生产过程中一个重要的环节, 技术把控对混凝土质量与性能有着直接的影响^[3]。

搅拌时使用强制式搅拌机对保证混凝土的均匀性至关重要, 强制式搅拌机利用搅拌叶片高速转动, 使得物料能够在短期内得到充分搅拌, 在确定搅拌时间时, 应依据搅拌机的种类、混凝土的配比以及原材料的特性来做出合理的决策, 通常不应少于 90 秒。在搅拌的初始阶段, 首先需要将水泥、骨料和一部分水放入搅拌机中, 搅拌时间为 30-40 秒, 以实现物料的初步混合; 接下来, 将剩下的水和添加剂加入, 持续搅拌大约 60 秒, 确保添加剂在混凝土中均匀分布, 使所有成分都得到充分的反应。

运输环节也不可忽视。高性能混凝土在运输时间、运输过程等方面都有很高的稳定性需求。新疆地区由于一些项目位置偏僻、运输距离长等原因, 需要对运输设备进行合理选型。使用混凝土搅拌运输车时, 运输时罐体应保持匀速旋转, 速度一般以每分钟 2-4 转为宜, 以防混凝土离析。同时根据运输距离及混凝土凝结时间等因素对外加剂缓凝时间进行合理调节。通常情况下, 混凝土从搅拌完成到浇筑完成的时间不应超过 90 分钟, 如果运输时间太长, 可以适当增加缓凝剂的用量, 但是需要通过实验确定其最佳的掺量, 保证混凝土到施工现场后仍然工作性好, 凝结时间合适, 达到浇筑要求。

(三) 浇筑与振捣技术规范

浇筑及振捣作为高性能混凝土施工过程中的重点工序, 对混凝土结构密实度及强度有直接影响, 应严格按照技术规范进行。浇筑前应先对模板及钢筋做一次彻底的检查, 模板应有足够的强度、刚度及稳定性, 以保证混凝土浇筑时无变形及位移^[4]。模板的表面要进行清洗, 并涂上脱模剂以便于后续模板的拆卸。钢筋规格、数量及间距要满足设计要求, 需要对钢筋表面铁锈及油污进行清洗, 以确保钢筋与混凝土之间粘结力。

浇筑高性能混凝土要结合结构特点及施工条件, 选用适宜的浇筑方法, 对于体积较大的混凝土结构, 例如新疆地区的大型基础工程, 可以采用分层浇筑的方法, 每一层的浇筑厚度可以控制在 30-50 厘米之间, 相邻两层浇筑时间不应大于混凝土初凝时间, 通常 1.5-2 小时, 以保证上下混凝土结合紧密。浇筑时应尽量避免出现混凝土冷缝。

振捣对于确保混凝土致密至关重要,当使用插入式振捣棒进行振捣时,应确保振捣棒的插入位置均匀分布,并且它们之间的距离不应超过振捣棒作用半径的1.5倍,通常在30-40厘米之间。在振捣过程中,振捣棒需要快速插入和缓慢拔出,其插入深度应为下层混凝土的5-10厘米。振捣的持续时间应以混凝土表面不再出现气泡或泛浆现象为标准,通常为20-30秒。对薄壁结构或者钢筋较密的地方可以使用附着式振捣器进行辅助振捣以保证混凝土的充填密实。

(四) 养护技术关键环节

养护在高性能混凝土建设中必不可少,直接关系到混凝土强度的增长和耐久性。保湿养护就是其中的一个重点,高性能混凝土浇筑振捣后立即保湿,可用塑料薄膜和土工布包裹^[5]。在新疆气候干燥地区,塑料薄膜可以有效地阻止混凝土内水分的蒸发、维持湿度和水泥完全水化,一般需要确保薄膜的完整性和无损伤,与混凝土表面密贴,使混凝土表面一直保持润湿,保湿养护不低于14天。对体积较大的混凝土可将养护时间延长到21天以保证混凝土强度的不断增长。

温控养护也是如此。新疆昼夜温差较大,混凝土的内部和表面容易形成很大的温差,诱发温度应力裂缝的产生。养护初期可以采用混凝土内预埋冷却水管、通循环水、带走水化热等措施来控制混凝土内的温度在合适的范围内,混凝土内和表面的温差一般不要大于25°C。为了降低混凝土表面的热量损失速度并减轻日夜温差对其的不良影响,我们在混凝土表面铺设了保温材料,例如棉被和草帘等。特别是冬季施工,保温养护非常关键,可以避免混凝土被冻伤,保证混凝土的性能不会被破坏。

三、高性能混凝土在建筑工程中的造价优化策略

(一) 原材料成本控制

原材料成本占高性能混凝土造价的比重较大,对原材料成本进行有效地控制是实现造价优化的根本,就水泥的选用而言,高性能混凝土虽然往往需要高强度等级的水泥,但是并不是盲目地追求高标号^[6]。要根据项目实际强度要求,对不同牌号和标号水泥的性能及价格进行测试比较,筛选出性价比更高的产品。例如,在某些C50高性能混凝土项目中,为确保其强度和持久性,可以选用42.5级水泥,并适量添加矿物添加剂,以此替代成本更高的52.5级水泥,如此一来,成本能够降低5%-10%。

骨料,质量的保证是先决条件,当地购买可以降低运输成本。严格粗细骨料质量检测和含泥量及级配控制,以免骨料质量出现问题而降低混凝土性能导致返工增加费用。同时对骨料的搭配比例进行优化,最大限度地提高骨料的堆积密度,降低水泥浆的使用量和成本。

(二) 配合比优化策略

配合比直接决定了混凝土的性能和造价,优化配合比则是造价控制的重点。借助于专业试验与软件模拟相结合的方法找到了满足工程设计强度、耐久性和工作性的最佳配合比。

水胶比的减小会增加混凝土的强度及耐久性,但会对工作性造成影响,需要采用外加剂来进行调整。外加剂用量的准确计算使水胶比在确保工作性的前提下达到了最低限度。例如,在一个具体的工程项目中,通过对配合比进行优化,成功地将水胶比从0.4减少到0.38,并且在不增加水泥用量的前提下,成功地将强度提升了一个等级,同时减少了水泥用量5%-8%。

对矿物掺合料与水泥的配比进行了合理的调整。不同矿物掺合料对于混凝土性能的影响存在差别,粉煤灰可以提高工作性而矿渣粉可以增加后期强度。根据工程特点及施工进度进行合理配合,如对于工期较长的大型基础工程适当增加矿渣粉掺量、减少水泥用量等,既可降低成本,又可减少水化热、避免混凝土裂缝。

(三) 施工工艺改进

完善施工工艺可以提高施工效率、减少材料浪费、降低工程造价,利用双卧轴强制式搅拌机 etc 先进搅拌设备及技术,使搅拌更加均匀,降低了搅拌时间,提高了生产效率并降低了能耗。同时对搅拌顺序进行了优化,先进行干拌后进行湿拌,使得原材料得到充分搅拌,增强了混凝土质量的稳定性,降低了由于质量问题而造成返工的成本。

在运输环节中,对运输路线进行合理的规划,依据工地位置、交通状况选择最佳路径,以缩短运输时间,降低油耗。通过智能调度系统对搅拌车的位置及混凝土的状态进行实时监测,避免了因车辆空闲或者混凝土等时间太长而造成的性能降低的问题。

浇筑与振捣工艺的完善同样重要,通过泵送浇筑技术提高了浇筑的速度及效率,特别适合高层及大体积混凝土工程的浇筑,在振捣过程中,采用先进的振捣设备及精确的振捣工艺保证混凝土的致密性,避免过振或者欠振现象的发生,降低混凝土缺陷修补的费用。

(四) 全寿命周期成本考量

传统造价只注重建设成本,而高性能混凝土则要从整个寿命周期的造价来考虑,高性能混凝土具有很好的耐久性,尽管其初始建设成本比普通混凝土高出10%-20%,但在长期使用过程中,可以显著降低维护和修复的成本。

以新疆地区的桥梁项目为背景,普通的混凝土桥梁在10-15年的时间里可能需要进行大面积的维护,而每一次的维护费用约占其初始建设成本的10%-20%;高性能混凝土桥梁的使用寿命可以达到50-80年,而其维修周期可以延长到25-30年,这意味着维修成本将占到初始造价的5%-10%。基于50年的使用周期来看,高性能混凝土桥梁的全生命周期成本比传统混凝土要低15%-25%。在兼顾环境成本的前提下,高性能混凝土降低了修复产生的建筑垃圾及对环境的污染,减少了环境治理的成本,同时具有较好的保温隔热性能,可以降低建筑使用过程中的能耗和能源成本。

结束语

总之,新疆建筑工程高性能混凝土显示出了很好的应用前景,它以优异的特性为建筑结构坚实而长久地使用提供了保证。采用原材料成本控制、配合比优化、施工工艺改进和全寿命周期费用考虑等策略可以有效地降低高性能混凝土应用费用,达到工程质量和经济效益兼顾。今后,伴随着科技的进步和革新,期待着高性能混凝土能够更加广泛地应用于新疆建筑工程当中,也希望能够对造价策略进行不断地优化,帮助新疆建筑行业能够在复杂环境中稳步发展,创造出更高质量、更加节约的建筑工程。

[参考文献]

- [1] 马晓晖. 混凝土修补新材料与新工艺的推广应用探究[J]. 居舍, 2023 (14): 63-66.
 - [2] 雷国斌. 聚氨酯混凝土新材料抗弯加固性能试验[J]. 交通科技与管理, 2023, 4 (03): 89-91.
 - [3] 冯乃谦. 固化重金属的混凝土新材料、新技术与新工艺[J]. 施工技术 (中英文), 2021, 50 (13): 87-90.
 - [4] 凌竞远. 土木工程材料新进展及其应用[J]. 现代职业教育, 2021 (28): 164-165.
 - [5] 匡楚丰, 韩行进, 樊勇, 王杰, 李永丰. 适用于碾压混凝土坝层间缝处理的新材料[J]. 水利技术监督, 2021(02): 24-27.
 - [6] 张冲. 高性能混凝土在建筑施工中的应用[J]. 居舍, 2024 (35): 53-55.
- 作者简介: 吾拉木喀迪尔·麦麦提敏(1983-10月-5日), 民族: 维吾尔族, 男, 籍贯: 新疆省乌鲁木齐市, 学历: 大学硕士研究生, 职称: 中级工程师, 研究方向: 结构设计师。