

混凝土配合比性能分析探讨

曹晓辉

新疆北新科技创新咨询有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着建筑行业蓬勃发展,混凝土质量愈发关键。文中聚焦于混凝土配合比性能分析探讨。首先阐述混凝土配合比设计需遵循满足设计要求、经济合理、施工便利及环保节能等基本原则。接着深入剖析水胶比、砂率、外加剂、矿物掺合料等关键参数对混凝土性能的影响。最后介绍高性能混凝土配合比设计的多种方法,包括试验法、数学优化法、全计算法以及基于最紧密堆积理论的设计方法。旨在为混凝土配合比设计提供全面且深入的理论依据与实践指导,助力提升混凝土性能与工程质量。

[关键词]混凝土; 配合比; 性能分析; 设计方法

DOI: 10.33142/aem.v8i6.20103

中图分类号: TU528.1

文献标识码: A

Discussion on Performance Analysis of Concrete Mix Proportion

CAO Xiaohui

Xinjiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the booming development of the construction industry, the quality of concrete has become increasingly critical. The article focuses on the analysis and discussion of the performance of concrete mix proportions. Firstly, it is stated that the design of concrete mix proportion should follow the basic principles of meeting design requirements, economic rationality, convenient construction, and environmental protection and energy conservation. Further analyze the influence of key parameters such as water cement ratio, sand ratio, admixtures, mineral admixtures, etc. on the performance of concrete. Finally, various methods for designing high-performance concrete mix proportions are introduced, including experimental methods, mathematical optimization methods, full calculation methods, and design methods based on the theory of closest packing. Intended to provide comprehensive and in-depth theoretical basis and practical guidance for concrete mix design, helping to improve concrete performance and engineering quality.

Keywords: concrete; mix proportion; performance analysis; design method

引言

混凝土作为建筑工程中广泛应用的材料,其性能优劣直接影响工程结构的质量与耐久性。而混凝土性能很大程度上取决于配合比设计,合理的配合比能使混凝土在强度、工作性、耐久性等方面达到最佳平衡。随着建筑行业不断发展,对混凝土性能要求日益提高,不仅需满足基本设计强度,还需具备更好的施工性能、耐久性能以及环保节能特性。在此背景下,深入分析混凝土配合比性能,研究各参数对其影响及高性能混凝土配合比设计方法,具有重要的现实意义,有助于推动混凝土技术进步,满足现代建筑工程多样化需求。

1 混凝土配合比设计的基本原则

1.1 满足设计要求

满足设计要求是混凝土配合比设计的首要原则。这涵盖强度、耐久性、工作性等多方面。强度方面,需依据工

程结构承载需求,精准确定混凝土抗压、抗拉等强度等级,确保结构安全稳定。耐久性上,要针对工程所处环境,如海洋、冻融等恶劣条件,合理设计配合比,使混凝土具备抗渗、抗侵蚀等能力,延长结构使用寿命。工作性也不容忽视,要保证混凝土在施工过程中的流动性、粘聚性和保水性,便于浇筑、振捣,确保成型质量,从而全方位满足工程设计对混凝土性能的各项规定。

1.2 经济合理性

经济合理性在混凝土配合比设计中至关重要。在保证混凝土性能满足设计要求的前提下,应尽可能降低成本。这需要合理选用原材料,通过对比不同产地、规格的水泥、砂石等材料价格与质量,选择性价比高的产品。同时,优化各材料用量比例,避免不必要的浪费。例如,在满足强度和工作性条件下,适当减少水泥用量,增加矿物掺合料,既能降低材料成本,又能改善混凝土部分性能^[1]。

1.3 施工便利性

施工便利性属于混凝土配合比设计时要考虑的关键因素。具备良好的施工性能能够提高施工效率并且保证施工质量。混凝土应当拥有适宜的流动性,方便在模板里进行浇筑、振捣密实,防止出现蜂窝、麻面等缺陷。要确保混凝土的粘聚性、保水性良好,避免离析、泌水现象出现,保证混凝土结构的均匀性。除此之外,配合比设计也要考虑施工工艺、设备条件,让混凝土能够适应不同的施工场景,像泵送混凝土就需要具备良好的可泵性,进而给施工带来便利,保障工程顺利进行。

1.4 环保节能性

环保节能性属于现代混凝土配合比设计的关键发展方向。就环保方面而言,应当选用低污染、低放射性的原材料,以此来减少对环境所造成的负面作用。举例来说,运用工业废渣制成的矿物掺合料去替代一部分水泥,能够降低水泥生产所带来的能源消耗、环境污染。在节能这一方面,借助优化配合比,可以提高混凝土耐久性,进而减少结构维修、重建的频率,以间接的方式节约能源。合理运用再生骨料等资源,达成资源的循环利用。遵循环保节能原则,既契合可持续发展理念,又能够助力建筑行业朝着绿色、低碳方向转变。

2 混凝土配合比关键参数对性能的影响

2.1 水胶比

水胶比是混凝土配合比中极为关键的参数,它对混凝土性能有着多方面深远影响。在强度方面,水胶比与混凝土强度成反比关系。水胶比越小,水泥石结构越密实,骨料与水泥石之间的粘结力越强,混凝土强度也就越高;反之,水胶比增大,混凝土内部孔隙增多,强度降低。在工作性上,水胶比增大,混凝土的流动性会显著提升,但粘聚性和保水性可能变差,易出现离析、泌水现象;水胶比过小,混凝土则干涩难施工。从耐久性角度,较低的水胶比可减少混凝土内部孔隙,降低有害物质渗透通道,提高抗渗、抗冻、抗侵蚀等能力,延长混凝土使用寿命。

2.2 砂率

砂率是指混凝土中砂的质量占砂、石总质量的百分比,对混凝土性能影响显著。在和易性方面,合适的砂率能使混凝土具有良好的流动性、粘聚性和保水性。砂率过小,砂浆量不足,无法充分包裹石子表面,骨料间摩擦力增大,混凝土流动性变差,且易离析;砂率过大,骨料总表面积和空隙率增大,在水泥浆用量一定时,包裹骨料的水泥浆层变薄,混凝土流动性也会降低,同时还会增加水泥用量,不经济。在强度上,存在一个最佳砂率,使混凝土达到最

高强度。当砂率偏离最佳值时,无论是偏大还是偏小,都会因骨料堆积不合理,导致混凝土内部缺陷增多,强度下降。所以,准确选择砂率对保证混凝土性能至关重要^[2]。

2.3 外加剂

外加剂是混凝土配合比中不可或缺的组成部分,对混凝土性能改善作用明显。减水剂能显著降低混凝土用水量,在保持水胶比不变的情况下,大幅提高混凝土流动性,且不损害强度;若减少水泥用量保持流动性不变,则可提高混凝土强度,同时节约水泥。引气剂可在混凝土中引入大量均匀分布的微小气泡,改善混凝土和易性,提高抗渗性和抗冻性,尤其适用于有抗冻要求的工程。缓凝剂能延缓混凝土凝结时间,便于夏季施工和长距离运输,避免混凝土过早凝结影响施工质量。高效减水剂与矿物掺合料复合使用时,还能制备出高强、高性能混凝土。

2.4 矿物掺合料

矿物掺合料在混凝土配合比中发挥着重要作用,对混凝土性能产生多方面积极影响。粉煤灰、矿渣粉等常用矿物掺合料具有火山灰活性,能与水泥水化产物氢氧化钙发生二次水化反应,生成水化硅酸钙等胶凝物质,填充混凝土内部孔隙,提高混凝土密实度,进而增强强度和耐久性。同时,矿物掺合料颗粒细小,能改善混凝土颗粒级配,优化微观结构,提高混凝土工作性,使其更易于施工操作。此外,掺入矿物掺合料可减少水泥用量,降低水化热,减少温度裂缝产生,对大体积混凝土工程尤为有利。

3 高性能混凝土配合比设计方法

3.1 试验法

试验法 is 高性能混凝土配合比设计的经典办法,因其具备科学性与实践性,所以在工程领域中被广泛应用。该方法依靠系统的试验流程,能够准确确定满足工程要求的配合比。(1)前期准备、目标设定是试验法的基础。设计人员要全面了解工程的具体状况,包括结构类型、所处环境状况、设计强度等级等关键内容。依照这些信息,明确高性能混凝土在强度、耐久性、工作性等方面的性能指标。比如,对于寒冷地区的基础工程,要重点考虑混凝土的抗冻性,保证其在低温环境下依然能够维持稳定的性能。要精心选取符合质量标准的原材料,像水泥、骨料、外加剂、矿物掺合料等,并对它们的各项性能指标展开详细检测,从而为后续试验提供可靠的数据支撑。(2)着手进行初步配合比设计与试配工作。依据相关理论知识、经验公式、前期搜集的数据,初步确定水胶比、砂率、外加剂、矿物掺合料用量等关键参数,以此计算出各材料的初步用量,形成初始配合比。依照此配合比制作混凝土试件,并在标

准条件下予以养护。(3)进行性能测试并进行配合比优化。对养护后的试件进行全面性能测试,涵盖强度、坍落度、抗渗性、抗氯离子渗透性等方面。把测试结果与设计目标展开对比分析,要是存在偏差,就得深入探寻原因,比如是不是水胶比不合理致使强度不足,亦或是外加剂用量不当影响了工作性等。依据分析得出的结果,对配合比进行有特定指向性的调整,之后再次进行试配、测试工作,按照这样的方式循环下去,一直到混凝土的性能充分符合设计所提出的要求,进而确定出最终的高性能混凝土配合比。

3.2 数学优化法

数学优化法能为高性能混凝土配合比设计提供比较科学、精准且高效的途径,其借助数学工具、优化算法,于众多可能的配合比方案当中寻找最优解。其中,建立数学模型乃是数学优化法的基础。设计人员要全面考虑高性能混凝土配合比设计里的各种变量,像水胶比、砂率、各类原材料的用量等,同时明确设计目标,常见的是在满足强度、耐久性等性能要求的情况下,达成成本最低化,或者是在成本固定时,让混凝土性能达到最优。依据这些变量和目标,运用数学方法建立精确的数学模型,此模型能够准确描述各变量间的复杂关系、它们和目标函数的内在联系,为后续的优化计算提供坚实的理论框架。另外,选择合适的优化算法是关键所在。常见的优化算法包括线性规划、非线性规划、遗传算法、粒子群算法等。不同算法各有特点及适用范围,设计人员要依据所建立数学模型的特征,像是否为线性、有无多个极值点等,去挑选最合适的优化算法。比如,对于相对简单的线性模型,线性规划算法可快速准确求解,对于复杂的非线性模型,遗传算法等智能优化算法更具优势,能在全局范围搜索,有效防止陷入局部最优解。之后要进行优化计算与结果验证。运用选定的优化算法求解数学模型,得出一组最优的配合比参数。然而这组参数仍需经历严格验证过程,需把它们代入实际的混凝土性能预测模型之中,或者借助小规模试验来施行验证,以此检查其是否切实满足高性能混凝土的设计要求,进而保障优化结果具备可靠性与实用性^[3]。

3.3 全计算法

全计算法是一种依据混凝土各组分紧密堆积、水化反应原理的高性能混凝土配合比设计办法,凭借严谨计算流程,给配合比设计提供科学依据。首先要确定混凝土各组分的体积关系,这是全计算法的起始步骤。该方法觉得高性能混凝土可以看作是由粗骨料、细骨料、水泥石(包括未水化水泥颗粒、水化产物、孔隙)、掺入的矿物掺合料

和外加剂溶液等构成。按照紧密堆积理论,要让混凝土达到最大密实度,就得合理确定粗、细骨料的堆积体积、它们形成的空隙体积。通过计算粗骨料的紧密堆积体积和空隙率,能够明确细骨料应填充的空隙量,进而确定细骨料的用量,以达成骨料模式的紧密堆积,为混凝土的高性能奠定基础。接着计算水泥和矿物掺合料的用量。依照混凝土的设计强度等级、所选用水泥和矿物掺合料的性能参数,依据水化反应的具体原理展开计算,从而得出达成目标强度所需要的水泥及矿物掺合料总量。同时还要考虑矿物掺合料对水泥水化的影响、在混凝土中的火山灰效应等诸多因素,合理调配水泥和矿物掺合料的比例,让它们相互协作,共同提高混凝土的强度与耐久性。随后确定用水量和外加剂用量。依据混凝土工作性要求,像坍落度、扩展度等,结合骨料粒径、级配和表面特性,计算出满足工作性要求的用水量。接着依据外加剂性能与作用机理,确定外加剂的种类和用量,保证外加剂能有效改善混凝土工作性,并且不对混凝土强度和耐久性产生不良影响,最终得出科学合理的高性能混凝土配合比。

3.4 基于最紧密堆积理论的配合比设计

以最紧密堆积理论为基础来进行配合比设计,是想通过优化混凝土各组分的堆积状态,提高混凝土密实度、性能,从而给高性能混凝土制备提供科学的办法。首先要明确最紧密堆积理论的核心概念。这个理论指出,当颗粒处于最紧密堆积状态时,颗粒间的空隙率是最小的,材料整体也就最为密实。在混凝土里,粗、细骨料、水泥、矿物掺合料等粉体颗粒的堆积状况,会直接对混凝土的孔隙结构产生影响,进而决定其强度、耐久性等性能。所以,达成各组分的最紧密堆积是设计的关键目标。接着要进行骨料级配设计与优化。按照最紧密堆积理论,对粗、细骨料的粒径分布做精确设计。通过合理搭配不同粒径的骨料,让小粒径骨料去填充大粒径骨料形成的空隙,形成连续级配,以此降低骨料模式的空隙率。比如说,要明确粗骨料的粒径分布、各级粒径的占比,还有细骨料的细度模数这类参数,从而让骨料自身达到最紧密的堆积状态,为混凝土高性能提供稳固的骨架支撑。确定粉体材料的用量及搭配。水泥、矿物掺合料等粉体材料不但要填充骨料间剩余的空隙,还得参与水化反应形成有强度的水泥石。依据骨料的空隙率、粉体材料的堆积密度,算出所需粉体材料的总量。同时,考量水泥和矿物掺合料的活性差异与协同作用,合理确定它们的比例,让粉体材料在填充空隙之际,充分发挥水化硬化作用,进一步提高混凝土的密实度和性能,最终设计出科学合理的高性能混凝土配合比^[4]。

4 结束语

混凝土配合比作为影响混凝土性能的核心要素,其科学设计与精准调控对工程质量起着决定性作用。通过对水胶比、砂率、外加剂及矿物掺合料等关键参数的深入剖析,以及多种配合比设计方法的探讨,清晰地认识到不同因素和设计方法对混凝土强度、工作性、耐久性等性能的复杂影响。未来,随着建筑行业对混凝土性能要求的不断提高,我们需持续探索创新,结合先进技术与理论,进一步优化配合比设计,以制备出更优质、更环保、更具适应性的混凝土,为建筑工程的可持续发展筑牢根基。

[参考文献]

- [1]吴国伟.高性能混凝土配合比设计研究[J].建设科技,2021(11):100-101.
 - [2]周达.高性能混凝土配合比的设计要点以及质量控制[J].建筑施工,2021,40(08):1420-1421.
 - [3]王明.混凝土配合比设计原理及应用[J].建筑材料科学与工程,2020,7(3):15-20.
 - [4]张华.混凝土力学性能优化分析与应用[J].土木工程学报,2022,36(4):45-50.
- 作者简介:曹晓辉(1982—),毕业于吉林大学土木工程专业,高级工程师,现就职于新疆北新科技创新咨询有限公司。