

# The Research Status of High Performance Concrete

Muxiu LU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hohai School, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, CHINA

**Abstract:** With a large number of applications in the project, concrete, as an important building material, has gone through the evolution process from ordinary concrete to high strength concrete, and it developed to the high performance concrete right now. The excellent performance of HPC (high performance concrete) which differs from the ordinary concrete is that the high permeability, high compressive strength, good volume stability, good construction performance and so on. In order to improve the application of HPC in practical engineering, we need to focus on the goal to improve the durability of concrete and solve the brittleness of concrete. Especially in the improvement of concrete materials and other aspects, we should focus on solving the optimization problem of the design of mix proportion.

**Keywords:** High performance concrete; Durability; Design of mix proportion; Admixture

## 浅析高性能混凝土的研究现状

陆木秀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>重庆交通大学河海学院, 重庆, 中国, 400074

**摘要:** 混凝土作为一种重要的建筑材料, 随着在工程中的大量应用, 经历了从普通混凝土-高强度混凝土-高性能混凝土的演化过程。高性能混凝土区别于其他混凝土的优异性能主要体现在其具有高抗渗性、高抗压强度、较好的体积稳定性以及良好的施工性能等方面。为了在实际工程中更好地应用高性能混凝土, 我们需要着力于提高混凝土的耐久性和解决混凝土的脆性问题。特别是在混凝土材料等方面的改进基础上, 应该着重解决高性能混凝土配合比设计的优化问题。

**关键词:** 高性能混凝土; 耐久性; 配合比; 掺合料

### 1 引言

长期以来, 混凝土都被认为是性能良好, 坚固耐久的建筑材料, 但实践证明普通混凝土并不总是性能良好, 经久耐用的。许多国家当初修建的还在使用期内的基础建设工程已提前进入老化期, 在工程的正常使用和运营维护以及更新等方面不仅耗资众多而且还会在一定程度上影响正常的社会生产和生活秩序。以美国为例, 1992 年在基础工程的维修以及更新等方面的费用高达 2580 亿美元, 相当于基本建设工程造价的 4 倍。因此, 提高混凝土的耐久性对于混凝土在实际工程中的应用上具有十分重要的意义[1]。到目前为止, 学者们高性能混凝土的设计, 施工以及后期的养护等方面进行了大量的研究, 积累了丰富的经验, 同时也取得了不错的效果, 其在工程实际中的应用也比较广泛。

高性能混凝土的发展前景十分广阔, 经济效益良好, 在实际工程应用中, 与普通混凝土相比高性能混凝土具有以下优点:

(1) 减少钢筋和水泥等材料的用量, 减小工程结构构件截面尺寸, 降低工程结构自重并使结构使用面积增加, 从而降低工程造价;

(2) 加快工程施工进度, 随着混凝土和钢筋用量的减少, 相应地模板安装等一系列工序的工作量也会减少, 同时由于高强混凝土早期强度较高, 可以加快施工周转效率, 缩短工程建设周期;

(3) 更好地满足工程特殊结构和构件的使用要求。对于工程的关键部位的施工, 应当特别注意是否采用高性能混凝土, 以便满足结构的受力以及建筑的使用要求, 使得工程能够更好地发挥预期的作用, 满足设计要求;

(4) 改善混凝土施工质量, 提高混凝土结构耐久性, 延长建筑物的使用年限;

(5) 在节约能源以及保护环境方面具有优势, 可以实现环境友好型发展。

### 2 配合比设计

学者们对高性能混凝土的设计, 施工以及后期的

养护等方面已经进行了大量的研究,积累了丰富的经验,就高性能混凝土的配合比设计问题进行了探讨,研究设计的工程实用性[2]。对于混凝土配合比的设计问题,首先应该确定配合比设计的计算方法[3],一般选择的是假定密度法和绝对体积法。这两种计算方法都比较简单,是以经验为基础的半定量设计方法。而全计算法则涉及到混凝土用水量和砂率以及传统的水灰比定则,可以比较全面定量地确定混凝土各组成材料用量的设计方法,是新型的高性能混凝土配合比设计方法[4]。全计算法使混凝土的配合比设计过程从半定量走向定量,从偏向于经验走向科学计算,是混凝土配合比设计方法上的一次较大改进。同时,可通过程序对全计算法的相关参数进行优化[5-6],从而实现混凝土各组分用量的定量计算。该设计方法同样适用于普通混凝土、高强混凝土、流态混凝土及其他混凝土的配合比设计。

HPC 作为一种新型的高技术混凝土,是在大幅度提高常规混凝土性能的前提下,利用现代混凝土技术,采用优质原材料,并在良好的质量控制下制备的混凝土。一般,除采用优质水泥以及粗细骨料等原材料外,还必须采用低水胶比以及掺加足量的矿物掺和料与高效外加剂[7]。同时,HPC 应保证其耐久性、施工和易性、体积稳定性以及各种力学性能、工程实用性和经济合理性。在实际工程中常见的矿物细掺料种类较多,常用的为粉煤灰、硅灰、矿渣粉等矿物掺和料。在混凝土中拟掺加矿物细掺料时,首先应该考虑到各种掺和料对混凝土整体性能的影响,并针对各种混凝土的具体要求对相关掺和料的掺量进行调整。不同掺和料对混凝土的影响也不尽相同:

粉煤灰混凝土[8]不仅能节约水泥用量,还能够减少细骨料用量,从一定程度上降低混凝土的成本,具有一定的经济效益,同时利用粉煤灰来替代部分水泥,可减少原料占地面积,降低环境污染的可能性,具有一定的社会效益;

硅粉混凝土[9]是以硅粉为主要掺合料的复合型混凝土材料。通过对硅粉混凝土材料的不断深入研究[10],对其性能也有了更全面和清楚的认识。一方面,这种混凝土材料既是对工业废料的再利用,另一方面,掺加硅粉后的混凝土又可获得较之普通混凝土而言更为优良的性能。因此,这种性价比较好的混凝土材料逐渐为人们所重视,目前正在应用推广[11]中;

掺有矿渣粉的混凝土[12]较之普通混凝土具有低水化热、耐腐蚀性强、与钢筋粘结力强、后期强度较高、防微缩等优良特点,能够显著改善混凝土的抗渗、抗冻、抗碳化等性能,因此被广泛地应用于大坝工程、水下工程、道路工程、防腐蚀工程、大型建筑工程等实际工程中,也愈来愈受到建筑、水利、交通等行业的青睐。

在高性能混凝土的配合比设计中,不能单一地考虑某一种细掺料对混凝土的影响,根据工程的实际要求,应当综合考虑各种掺和料对混凝土整体性能的影响,设计时一般需要涉及到对多种细掺料的综合考虑,比如双掺或者是多掺,以便能够更好地调节混凝土各组分之间的关系,使混凝土性能得到更好地发挥。同时,也要注意水胶比对高性能混凝土的体积变形的影响,通过对粉煤灰以及水胶比掺量进行研究,结果表明,当粉煤灰掺量一定时,混凝土的徐变度会随着水胶比的减小而显著降低;而当水胶比固定时,混凝土抵抗徐变的能力与粉煤灰掺量密切相关。对于具有不同水胶比的混凝土,粉煤灰掺量对混凝土徐变的影响规律会相应发生变化,研究混凝土的徐变机理对于混凝土在预应力方面的应用具有十分重大的意义。对同水胶比下混凝土中各种混料所产生的混料效应进行研究,研究结果表明,混料效应在一定程度上能够更好的改善混凝土的微观结构,提高混凝土的耐久性。

高性能混凝土与普通混凝土相比,其硬化特点和内部结构之间具有很大的差异,因此也容易引发早期体积稳定性差、开裂等问题。在混凝土的使用阶段,周围环境中的侵蚀性介质通过裂缝侵入混凝土内部,进而削弱其耐久性。因此,在高性能混凝土研究过程中如何提高高性能混凝土的体积稳定性,改善其抗裂性是亟需研究解决的问题。目前,高性能混凝土在实际工程中的应用中仍存在着一些问题,如容易开裂,耐久性较差等问题。对于混凝土中产生的裂缝,其种类繁多,主要包括温度裂缝、干缩裂缝、沉陷裂缝以及化学反应引起的裂缝等,其成因各不相同,因而对应的防治措施也不尽相同。对于各种实际工程,应当采取不同的工艺措施来满足工程特定的需求。对于混凝土的耐久性问题,影响高性能混凝土的耐久性的因素包括内部因素和外部因素。内部因素主要包括水泥品种及用量、水胶比以及混凝土设计强度等;而外部因素主要有冻融、碳化、钢筋锈蚀、碱集料反应、化

学介质腐蚀、氯离子侵蚀等。以上因素均会对混凝土的耐久性产生重要影响,因此,在混凝土的设计、施工以及后期的养护阶段均要特别注意控制以上因素,如尽量选择性能良好的原材料,尽量避免在不良环境下的施工以及注意加强后期养护措施。在工程的施工过程中,对于高性能混凝土的设计中所采用的原材料进行选取是一项十分重要的工序。对混凝土原材料的选取以及技术要求上进行统一规划、综合考虑,只有恰当地选材以及正确、合理地应用,才能够更好地满足混凝土的性能指标及其经济指标,也才能确保工程质量,工程才能达到施工组织设计标准以及验收标准。对于高性能混凝土的养护,其方法主要包括:自然养护、标准养护以及蒸汽养护等方法,其中蒸汽养护法比较适合低温施工后的养护。

随着建筑行业的迅速发展,人们对于具有某些特定性能的混凝土的需求也日益增加。由于现在的混凝土工程施工主要为大体积施工,因此,如何提高混凝土的密实性,保证混凝土的均匀性成为了相关技术人员的研究重点。对于自密实混凝土的研究的主要内容是使混凝土能够进行自然养护,使得混凝土仅依靠自重就能达到一种相对平衡的状态。在自密实混凝土配合比设计中,可以通过骨料系数、水胶比、砂率以及掺和料掺量 4 个参数来确定配合比各组分的用量,通过调整这几个参数就可以得到满足不同需求的配合比,因此它在工程中的应用也十分广泛。

对于高密实度的混凝土进行设计时,应当在满足混凝土的工作性及其设计强度的前提下,尽可能地降低混凝土的胶凝材料用量。通过绝对体积法对混凝土配合比进行一定的调整,可以尽量避免“超方”、“亏方”等不良现象的出现。

对于自密实混凝土,其应用前景非常广阔,但由于其出现和工程应用的时间都比较短,尚有一些问题需要我们予以重视:

(1) 自密实混凝土在实际工程中的应用应考虑到其工程经济性,经济性作为影响到混凝土发展前景的一个重要因素,应在其设计阶段进行充分考虑。

(2) 自密实混凝土在某种程度上能够节约人力,但是对相关设计人员的技术要求会更加严格,需要具备相关的理论知识基础。

(3) 自密实混凝土中往往会添加外加剂以改善其性能,外加剂作为影响混凝土性能的一个重要因素,应当对外加剂的使用建立相应的标准。

### 3 结论

高性能混凝土的应用前景十分广阔,对于高性能混凝土,可在其中掺加优质矿物掺合料(粉煤灰、矿渣粉等),这样既能在保证高性能混凝土的抗压强度的同时尽量减少水泥用量、降低混凝土粘度、改善混凝土工作性能,又能降低混凝土的水化热以及后期收缩,有效地防止裂缝的产生。随着高层、超高层建筑物的增加,高性能混凝土的应用也在不断推广。因此,对于高性能混凝土的研究应当不断深入,以便为建筑行业的发展提供持续的动力。

### References (参考文献)

- [1] Bin Liu. The Study, Application and Development of High Performance Concrete[J]. Journal of Jingmen Technical College, 18(6):93-95.
- [2] Baoguo Ma, Yongjia He, Linnu Lu. Research on High-performance Concrete Mix Design[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2002, 24(7):14-17.
- [3] Mingli Li. Comparison of design methods of concrete mix ratio[J]. China Concrete, 2012(31):74-76.
- [4] Jiankui Chen, Dongmin Wang. New mix design method HPC-overall calculation method[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2000, 28(2):194-198.
- [5] Jing Liu, Yuangang Wang, Kaijian Huang, Gaoqin Zhang. Optimizing Parameters of Overall Calculation Method for Mix Proportion Design of High Performance Concrete[J]. China Concrete and Cement Products, 2011(8):12-15.
- [6] Jianguo Han, Peiyu Yan. Mix Proportion Design for Systematical High Performance Concrete[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2006, 34(8):1026-1030.
- [7] Zhongwei Wu. Green High Performance Concrete and Innovation[J]. Journal of Building Materials, 1998, 1(1):1-7.
- [8] Yongping Wang. Experimental study on the effect of different fly ash content on concrete strength[J]. Science & Technology Information, 2011(35):678-679.
- [9] Guixian Bo. Discussion on the recipe of silicon powder concrete[J]. Journal of Hydro Electric Power, 2002, 18(4):34-36.
- [10] Wei Gao, Surong Tai. Influence of silicon powder on High Performance Concrete[J]. Brand & Standardization, 2011(16):49.
- [11] Rubing Bo, Yuxin Guo. The application of silicon fume concrete in Fujia stopped sluice engineering service[J]. Jilin Water Resources, 2009(6):60-61.
- [12] Guifang Li. Effect of slag on the volume stability of High Performance Concrete[J]. Technology and Market, 2011, 18(9):172.