

# 浅谈混凝土配合比设计及优化设计的重要性

范正春, 范春艳, 李四春

(中国水利水电第十工程局有限公司 勘测设计院, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**混凝土配合比设计与混凝土的工程性能和单价、成本密切相关,通过提升拌和楼的生产管理水平、降低混凝土配制强度的标准差,进行混凝土配合比的优化设计,进一步将混凝土的工程性能和单价成本优化,体现其经济效益。

**关键词:**配合比设计;优化设计;研究应用;混凝土;重要性

中图分类号:TV544;TV522;TV7;TV52;TV544;TV522;TV43 文献标识码: B 文章编号:1001-2184(2017)04-0081-03

## 1 概述

混凝土配合比设计是综合考虑建筑物结构特点、原材料性能、施工工艺及设备、施工环境、质量管理等因素,结合混凝土的拌和物性能、力学性能和耐久性能要求确定混凝土中各原材料的比例用量,以获得满足工程性能要求、经济合理的连续过程。采用初始混凝土配合比在现场施工一段时间后,对混凝土进行一定数量的取样、试验并对试验结果进行数理统计分析,得出一个生产混凝土过程中的混凝土强度标准差(简称:统计标准差),其低于初始配合比设计中采用的配制强度标准差(简称:配制标准差)、但不低于规程规范要求的最低标准差,则采用统计标准差设计出新的混凝土配合比的过程即为混凝土配合比的优化设计。混凝土配合比设计的成败直接关系到混凝土的工程性能和单价成本,而混凝土配合比的优化设计则是在满足混凝土工程性能和经济合理的基础上进一步的集中、统一优化。

## 2 混凝土配合比设计

混凝土配合比设计必须同时满足设计规程规范要求、混凝土工程性能要求、混凝土施工性能要求和经济合理要求。混凝土配合比设计是混凝土设计、生产和应用中最重要的一环之一,配合比设计的成功与否,决定了混凝土技术先进性、成本可

控性和发展可持续性水平。

### 2.1 满足规程规范要求

混凝土配合比设计首先要选择准确的规程规范,这一点很关键,其是否准确直接决定混凝土配合比设计的成败。目前常用的混凝土配合比设计规程规范有《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55-2011)、《水工混凝土配合比设计规程》(DL/T5330-2015)、《水工混凝土试验规程》(SL352-2006)和《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2014)四类。前三类混凝土配制强度以混凝土的立方体抗压强度为设计标准,后一类的混凝土配制强度以混凝土的抗弯拉强度为设计标准。采用不同的规程规范,就是完全相同的强度等级混凝土也会设计出不同的混凝土配合比,主要就是因为不同行业的规程规范中对混凝土配制强度中的标准差的规定不一样(表1、2)。以C25强度等级混凝土的配制强度为例:以《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55-2011为设计标准,混凝土的配制强度为33.2 MPa;以《水工混凝土配合比设计规程》DL/T5330-2015、《水工混凝土试验规程》SL352-2006为设计标准,混凝土的配制强度为31.6 MPa,前者比后者高1.6 MPa。

### 2.2 满足设计和施工性能要求

表1 建筑工程行业混凝土配合比设计中的标准差  $\delta$  值表

混凝土配合比设计 规程规范	混凝土强度 配制标准差	混凝土强度等级		
		$\leq$ C20	C25 ~ C45	C50 ~ C50
JGJ55-2011	$\delta$	4	5	6

收稿日期:2017-01-10

表2 水利电力行业混凝土配合比设计中的标准差  $\delta$  值表

混凝土配合比设计 规程规范	混凝土强度配制 标准差	混凝土强度等级					/MPa
		$\leq$ C15	C20 ~ C25	C30 ~ C35	C40 ~ C45	$\geq$ C55	
SL352 - 2006	$\delta$	3.5	4	4.5	5	5.5	
DL/T5330 - 2015	$\delta$	3.5	4	4.5	5	5.5	

满足设计和施工性能要求、保证混凝土的工程质量是混凝土配合比设计的主要目的。主要满足混凝土拌和物的和易性、硬化后的混凝土物理力学性能和混凝土的耐久性。混凝土拌和物的和易性主要是指混凝土的坍落度(碾压混凝土的  $V_c$  值)、扩散度;硬化后的混凝土物理力学性能主要有抗压强度、抗折强度、抗冲磨强度、抗拉强度、弹性模量和早期的抗裂性能;混凝土的耐久性主要有抗碳化性能、抗氯离子侵蚀性能、抗硫酸盐侵蚀性能和抗冻性能。混凝土的施工性能要求就是要满足现场施工的需要。

### 2.3 满足经济合理要求

混凝土配合比设计的经济合理要求:必须合理选择混凝土原材料并优化组合混凝土原材料,通过技术组合实现降低混凝土单价成本、节约资源和保护环境的目的。合理选择混凝土原材料应本着因地制宜、就地取材的原则,在有选择的情况下尽可能地选择品质最好的砂石骨料并应优先选用人工骨料。混凝土的掺合料是粉煤灰、火山灰、高炉矿渣粉,而最常用的是粉煤灰,其主要作用为三个效应:即粉煤灰的形态效应,活性效应及微集料效应;应选择与混凝土等级相适应的水泥品种及强度等级;选择与水泥相容性较强的外加剂。待水泥、掺合料、砂石骨料和外加剂等原材料均相对固定后,利用技术手段对混凝土原材料实施最优比例的技术组合,进而实现混凝土配合比设计经济合理的要求。

### 3 混凝土配合比的优化设计

混凝土配合比优化设计的目的旨在降低混凝土强度的标准差,通过降低混凝土强度标准差(不低于混凝土配合比设计规程规范所要求的最低标准差)来降低混凝土的配制强度,在满足混凝土工程性能的前提下,相对节约混凝土单位体积的原材料用量,降低混凝土的单价成本,从而实现通过混凝土配合比优化设计降低混凝土单价成本的目的,增加经济效益。混凝土配合比的优化设计是一个不断统计分析、不断试验、不断提升的

重复循环过程。

混凝土配合比优化的主要手段是降低混凝土强度的标准差。混凝土强度标准差在一定程度上反映了混凝土搅拌站的生产管理水平。混凝土拌和楼的生产管理水平和技术水平越高,混凝土强度标准差就越小。

降低混凝土强度标准差的具体途径是:(1)细化混凝土配合比设计,在混凝土配合比设计过程中因施工因素常常将混凝土的设计坍落度范围扩大,如将泵送混凝土的坍落度经常设计为 120 ~ 160 mm 或者 140 ~ 180 mm,坍落度的区间范围变大后,混凝土的强度波动范围就会变大,混凝土强度的离差系数就会变大,混凝土的强度标准差亦会变大。在实际的配合比设计过程中,将泵送混凝土的坍落度区间范围适当缩小至 20 mm,如 120 ~ 140 mm、140 ~ 160 mm 或 160 ~ 180 mm 来减少混凝土强度的波动,降低混凝土强度标准差;(2)混凝土原材料的品质应相对稳定,混凝土原材料的品质波动越大,混凝土强度的波动范围就越大;混凝土原材料的品质稳定,其混凝土强度也相对稳定。(3)混凝土拌和楼的计量设备应准确且稳定,混凝土拌和楼的操作人员要熟练、有经验、有责任心,拌和楼的混凝土生产要稳定。对混凝土拌和楼来说,混凝土强度最重要的一点是稳定,稳定的混凝土强度可以降低混凝土强度标准差;(4)混凝土抗压强度试验的取样要有代表性、均匀、能够切实反映混凝土的实际情况;反之,无代表性的混凝土试样会给混凝土抗压强度的数理统计带来较大的偏差。

混凝土强度标准差按照同品种混凝土、同生产工艺和同混凝土配合比(简称“三同”)的设计龄期抗压强度、连续试件总数不少于 30 组进行统计计算。

### 4 混凝土配合比优化设计的步骤

(1)在按混凝土施工配合比实施生产后,对“三同”混凝土进行连续取样不应少于 30 组,按照设计龄期进行混凝土的强度试验,根据试验结

果统计并分析出近期的混凝土强度标准差值。

(2) 将统计分析出的混凝土强度统计标准差值与混凝土施工配合比中的混凝土配制强度标准差值进行比较,如果混凝土施工配合比中的混凝土配制强度标准差值减去统计出的混凝土统计强度标准差值  $\geq 1$  MPa,则按照统计出的混凝土强度标准值进行配合比优化设计;反之,则需要继续提升混凝土拌和楼的整体生产管理水平,确保混凝土拌和楼的生产稳定,降低混凝土强度标准差,直到满足配合比设计优化的标准。

(3) 对于满足配合比优化设计条件的混凝土强度统计标准差的混凝土配合比按照相对应的配合比设计规程规范、采用最新统计的混凝土强度标准差进行混凝土配合比设计。

(4) 对于优化设计后的混凝土配合比,在生产过程中也要通过数理统计分析进行混凝土质量监控,确保优化后的混凝土同样满足混凝土工程性能的要求。

### 5 采用优化设计后的混凝土配合比取得的经济效益

混凝土配合比的优化设计就是在满足混凝土工程性能的前提下,进一步降低混凝土材料的单价成本,为施工项目创造经济效益。这种混凝土配合比优化设计理念在水电十局承建的岷河工程一分部的混凝土施工过程中产生了较好的经济效益。在现场混凝土配合比实施过程中,积极调整现场拌和楼的生产管理水平,使混凝土拌和楼的生产水平尽可能的稳定,降低混凝土强度的标准差,然后按照降低后的标准差进行第一次优化配合比设计,其试验成果见表 3。现场使用优化前的混凝土配合比的单价成本为 238.31 元/ $m^3$ ,经过第一次优化后的混凝土单价成本为 233.06 元/ $m^3$ ,优化后每  $m^3$  混凝土可以降低材料成本 5.25 元,按照该项目工程折算后的 C20 等级混凝土 26.4 万  $m^3$  计算,可以降低混凝土材料成本 138.6 万元,其经济效益显而易见,值得推广。

表 3 混凝土配合比设计参数及每  $m^3$  混凝土材料单价表

项目	混凝土强度等级	强度保证率 /%	标准差 /MPa	配制强度 /MPa	混凝土每 $m^3$ 原材料用量 / $kg \cdot m^{-3}$					单价 /元
					水泥	砂	石	水	外加剂	
现场配合比	C20	95	4	26.6	308	823	1 104	160	2.77	238.31
优化配合比	C20	95	2.8	24.6	296	815	1 097	160	2.68	233.06

备注:混凝土原材料单价为:水泥 315 元/t,砂石 0.065 元/kg,水 5 元/t,外加剂 5 500 元/t。

参考文献:

[1] 李立权. 混凝土配合比设计手册[M]. 广州:华南理工大学出版社,2003.

作者简介:

范正春(1974-),男,重庆忠县人,工程师,从事建筑工程施工技术

与管理工作;

范春艳(1976-),女,湖北洪湖人,工程师,从事建筑工程施工技术与管理工作;

李四春(1973-),女,四川安岳人,技术员,从事建筑工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 74 页)

参考文献

[1] Justo J L, Durand P. Settlement - time behaviour of granular embankments [J]. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 2000, 24: 281 ~ 303.  
 [2] 陈晓斌, 张家生, 封志鹏. 红砂岩粗粒土流变工程特性试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(3): 601 ~ 607.  
 [3] 张丙印, 师瑞峰. 流变变形对高面板堆石坝面板脱空的影响分析[J]. 岩土力学, 2004, 25(8): 1 179 ~ 1 184.  
 [4] 周伟, 常晓林. 基于幂函数流变模型的高混凝土面板坝流变分析[J]. 水力发电学报, 2006, 25(1): 15 ~ 18.  
 [5] 邓刚, 徐泽平, 吕生玺, 等. 狭窄河谷中的高面板堆石坝长期应力变形计算分析[J]. 水利学报, 2008, 39(6): 639 ~

646.

作者简介:

张蜀豫(1984-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事水电工程建设管理工作;

段斌(1980-),男,四川北川人,高级工程师,博士,从事水电工程建设技术及管理工作;

唐茂颖(1980-),男,四川仁寿人,高级工程师,在读博士研究生,从事水电工程建设技术及管理工作;

李鹏(1980-),男,湖北荆门人,高级工程师,在读博士研究生,从事水电工程建设技术及管理工作;

王观琪(1978-),男,湖北竹溪人,教授级高级工程师,硕士,从事水电工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)