

S HANGPIN HUNNINGTU SHIYONG
JISHU DUBEN

商品混凝土 实用技术

读 本

舒怀珠 黄清林 覃立香 编著

中国建材工业出版社

商品混凝土实用技术读本

舒怀珠 黄清林 覃立香 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

商品混凝土实用技术读本/舒怀珠,黄清林,覃立香
编著. —北京:中国建材工业出版社,2012.9

ISBN 978-7-5160-0266-7

I. ①商… II. ①舒…②黄…③覃… III. ①混凝土
IV. ①TU528

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 203129 号

内 容 简 介

本书主要介绍了商品混凝土原材料质量控制、普通混凝土和几种特种混凝土的配合比设计、商品混凝土常见质量问题及其防治、混凝土生产管理、施工,特别是养护和季节性施工对混凝土质量的影响、新技术和新材料在商品混凝土中的应用。其中既有理论研究,也有实践应用,可供混凝土搅拌站技术人员工作时参考使用,也可供土木工程、水利工程、港口工程、桥梁工程、市政工程等专业的设计、施工人员借鉴,还可供从事相关专业的科研人员及大专院校师生阅读参考。

商品混凝土实用技术读本

舒怀珠 黄清林 覃立香 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:21

字 数:408千字

版 次:2012年9月第1版

印 次:2012年9月第1次

定 价:63.00元

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

近年来,随着我国的城市化进程不断向前推进,商品混凝土在我国大中城市得到了迅速发展和推广应用,混凝土搅拌站也得到了高速发展。商品混凝土质量相对于现场搅拌的混凝土更稳定,有利于采用新技术、新材料,也有利于节约水泥和推广应用散装水泥,加快施工速度,有利于文明施工和提高工程质量等许多优点,因而受到重视。

随着建筑业的发展,大型工程、高层建筑及新的施工方法不断出现,对混凝土的质量要求越来越高,越来越严格。然而由于混凝土行业发展过快,导致我国很多地方商品混凝土企业的生产管理水平偏低,生产质量水平不高,抗压强度没有及时控制,有特殊性能要求的混凝土往往达不到要求,对混凝土耐久性没有充分重视。其原因是多方面的:从事商品混凝土行业的部分人员素质相对较低,对商品混凝土的原材料(水泥、砂、石、外加剂、水和掺合料等)的各项潜能,原材料各种潜能发挥的条件,以及它对混凝土各种性能的作用认识不足,所以材料质量控制不力,对新技术和新材料的应用缺乏理解和热情,更缺乏知识;混凝土配合比,特别是非普通混凝土的配合比设计存在诸多问题;施工单位和监理单位对商品混凝土的理解不深,技术水平跟不上时代的发展,商品混凝土施工过程中养护认识不到位,季节变化时,施工针对性不强,存在质量隐患。而近年来,随着国内外混凝土的高性能化,混凝土的非受力变形出现了很多新情况,也成为近些年商品混凝土的热点问题。

对于上述问题,我们根据一些工程实践和科研项目,参考国内外有关专家的研究成果,编写了《商品混凝土实用技术读本》,以此满足混凝土行业从业人员水平提高的需要,读者根据自己的需要,从目录中查找问题,可迅速得到参考意见,希望此书对混凝土同行们有所借鉴。

本书主要阐述了商品混凝土原材料质量控制、普通混凝土和几种特种混凝土的配合比设计、商品混凝土常见质量问题及其防治、混凝土生产管理、施工,特别是养护和季节性施工对混凝土质量的影响、新技术和新材料在商品混凝土中的应用。其中既有理论研究,也有实践应用,可供混凝土搅拌站技术人员工作时参考使用,也可供土木工程、水利工程、港口工程、桥梁工程、市政工程等专业的设计、施工人员借鉴,还可供从事相关专业的科研人员及大专院校师生阅读参考。

本书由舒怀珠和黄清林编著并负责全书的统稿,覃立香、常海燕、潘亚波承

担了部分编著工作。本书由潘亚宏和孙继成主审,在此表示感谢。

本书编写时参考和引用了部分单位、专家学者的资料,在此表示衷心的感谢。

本书在编写的过程中,注重理论和实践相结合,突出其应用性,为混凝土企业和施工监理企业技术人员应用创造条件。

由于混凝土技术发展很快,加上编著者水平有限和掌握的资料不全,错误和不妥之处在所难免,恳请读者及同行专家给予指正并提出宝贵意见。

作者
2012 年 4 月

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业定制出版、团体用书、
会议培训、其他深度合作等优质、高效服务。

编辑部

010-88376510

图书广告

010-68361706

出版咨询

010-68343948

图书销售

010-68001605

jccbs@hotmail.com

www.jccbs.com.cn



中国建材工业出版社

China Building Materials Press

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第一章 商品混凝土原材料质量控制	1
第一节 水泥质量控制	1
一、水泥对混凝土性能的影响	1
二、水泥的质量控制	9
第二节 掺合料质量控制	15
一、矿粉	15
二、粉煤灰	19
三、其他掺合料	23
第三节 粗、细集料质量控制	28
一、集料特性对混凝土性能的影响	28
二、集料的质量控制	30
第四节 外加剂质量控制	35
一、外加剂的分类及性能特点	35
二、外加剂质量控制	40
三、外加剂与胶凝材料的相容性	44
第二章 商品混凝土配合比	47
第一节 普通混凝土配合比设计	47
一、目前常用配合比设计方法	47
二、配合比设计原则	48
三、配合比设计目前存在的问题	49
四、普通混凝土配合比设计对原材料的要求	51
五、普通混凝土配合比设计步骤	56
六、普通混凝土配合比设计实例分析(等浆体体积法)	62
第二节 自密实混凝土配合比设计	70
一、常用的自密实混凝土配合比设计方法	71
二、自密实混凝土配合比设计对原材料的要求	74
三、自密实混凝土配合比设计实例分析	75
第三节 高强混凝土配合比设计	81
一、高强混凝土配合比设计对原材料的要求	82
二、高强混凝土配合比的确定	84

三、高强混凝土配合比设计实例分析	86
第四节 大体积混凝土配合比设计	97
一、大体积混凝土的特点及其与普通混凝土的区别	97
二、大体积混凝土配合比设计对原材料的要求	99
三、大体积混凝土配合比的确定	101
四、大体积混凝土配合比设计实例分析	102
五、结语	111
第五节 特殊混凝土配合比设计	111
一、轻集料混凝土配合比设计	111
二、透水混凝土配合比设计	116
三、防辐射混凝土配合比设计	119
第三章 商品混凝土常见质量问题及其防治	124
第一节 混凝土强度不足	124
一、混凝土强度不足的原因	124
二、混凝土的强度控制	125
三、混凝土强度不足事故的处理方法	127
第二节 商品混凝土生产与施工坍落度控制	128
一、坍落度指标的重要意义	128
二、坍落度损失的机理	129
三、坍落度损失的影响因素	130
四、坍落度损失控制方法	132
五、坍落度损失夏天控制方法	134
六、坍落度突然变小原因及处理方法	135
七、坍落度突然变大原因及处理方法	135
八、总结	136
第三节 混凝土凝结时间异常	136
一、混凝土异常凝结原因分析	136
二、混凝土异常凝结解决方案	139
三、混凝土异常凝结预防措施	139
第四节 混凝土表面缺陷	139
一、混凝土气泡问题分析与改善措施	139
二、混凝土构件的表面缺陷及防治措施	144
第五节 混凝土裂缝	147
一、钢筋混凝土现浇楼板裂缝原因分析及防治措施	147
二、混凝土剪力墙裂缝成因及对策	156

三、混凝土剪力墙的裂缝控制	160
四、商品混凝土裂缝及其预防措施	171
第六节 泵送混凝土的堵管和堵泵故障分析与处理	176
一、混凝土自身的原因	176
二、人员操作不当容易造成堵管	178
三、设备的问题导致混凝土堵泵的情况	179
四、环境温度变化及其他原因	180
第四章 生产管理和施工对混凝土质量的影响	181
第一节 商品混凝土生产与施工管理	181
一、概述	181
二、混凝土企业人力资源配置及机构设置	181
三、试验室的管理工作	183
四、原材料的质量控制管理	185
五、做好混凝土销售管理	187
六、混凝土生产质量控制	188
第二节 商品混凝土养护	193
一、商品混凝土的湿养护	193
二、混凝土的养护材料	199
三、混凝土的养护工艺	199
第三节 商品混凝土高温季节施工	203
一、高温季节混凝土施工前的各项准备工作	203
二、混凝土高温季节施工控制要点	205
三、高温季节施工的注意事项	208
四、高温季节施工的养护措施	208
五、商品混凝土高温季节施工容易出现的问题及处理措施	209
第四节 商品混凝土冬期施工	215
一、商品混凝土冬期施工特点	215
二、冬期施工对混凝土的影响	216
三、冬期混凝土施工的有关规定	217
四、冬期施工的准备工作的	218
五、冬期施工的施工工艺	221
六、冬期施工的养护工艺	226
第五节 商品混凝土季节变化施工	227
一、春秋季节混凝土施工质量控制	227
二、雨季混凝土施工质量控制	229

三、秋冬季节施工对混凝土质量影响	232
四、季节变化时混凝土裂缝产生的原因及处理措施	232
五、提高商品混凝土季节变化的管理措施	234
第五章 新技术和新材料在商品混凝土中的应用	237
第一节 CTF 增效剂在混凝土中的应用	237
一、CTF 混凝土增效剂的使用技术交底	237
二、掺有“CTF 混凝土增效剂”混凝土的性能评价研究	245
三、CTF 混凝土增效剂的试配及应用研究	254
四、CTF 混凝土增效剂在 C50 预应力桥梁中的试验研究与应用	259
五、CTF 增效剂在机制砂混凝土中的应用	263
六、CTF 混凝土增效剂对混凝土抗渗性能的影响	266
第二节 混凝土润泵剂的使用与评价方法	271
一、前言	271
二、润泵剂与润泵砂浆的对比	271
三、润泵剂性能如何判断	272
四、润泵剂使用方法	273
五、应用效果分析	274
第三节 石粉用作混凝土掺合料对混凝土性能影响的研究	274
一、引言	274
二、石粉在混凝土中的作用机理	275
三、石粉对机制砂混凝土性能影响的研究现状	275
四、相关研究结论	279
第四节 机制砂应用技术	281
一、机制砂定义	281
二、机制砂的主要特点	281
三、机制砂应用概述	282
四、机制砂的技术要求	282
五、机制砂质量控制	285
六、机制砂对混凝土各方面性能的影响	286
七、存在的问题	288
八、使用机制砂应注意的事项	289
九、机制砂在产业化生产中应注意的事项	289
十、机制砂的前景与展望	290
十一、结语与展望	291
第五节 海砂混凝土应用技术	292

一、“海砂”定义	292
二、“海砂混凝土”定义	292
三、“净化处理”定义	292
四、淡化海砂的现状	292
五、海砂的特点	293
六、海砂净化处理技术	295
七、海砂混凝土的配合比设计	298
八、海砂混凝土耐久性研究现状综述	299
第六节 商品混凝土浆水回收与应用	300
一、引言	300
二、混凝土浆水回收的必要性	300
三、混凝土拌合用水的技术要求	301
四、浆水中所含物质及其对混凝土性能产生影响的分析	301
五、浆水回收工艺流程	303
六、相关研究成果	304
七、浆水的合理使用	305
八、结束语	305
第七节 水泥基材料新型抗裂测试仪	306
第八节 绿色混凝土和混凝土的绿色生产	312
一、绿色混凝土	312
二、混凝土的绿色生产	318
三、结论	323

第一章 商品混凝土原材料质量控制

第一节 水泥质量控制

自 1824 年 J. Aspdin 发明波特兰水泥以来,水泥混凝土已成为当今世界最主要的建筑材料之一。据专家们预测,在可以预见的未来,水泥仍将是不可替代的建筑材料。随着科学技术的不断发展,混凝土制品种类的增多、建筑结构日益复杂并向大型化发展,对混凝土性能提出了各种新的、更高的要求,因此也对水泥的性能提出了更多更高的要求。同时,由于水泥生产设备的改进和水泥生产工艺的革新,水泥的生产技术不断进步,水泥的某些性能特点得以实现,比如高效选粉机的应用以及水泥助磨剂的推广,使水泥颗粒得以磨得更细。这些技术进步在带来资源和能源效益的同时,也对水泥的使用性能即混凝土的性能产生了一些负面影响,比如为了迎合施工单位加快施工进度的要求,片面追求水泥的早强与高强,容易造成混凝土开裂、耐久性较差等负面影响。水泥磨得过细,虽然增加了早期强度,但也带来了水化放热集中、与外加剂相容性不好等问题。

因此,作为混凝土工作者,有必要了解水泥的性能怎样影响混凝土的性能,以及如何评价水泥这一混凝土重要的组成材料的质量优劣。本章就从以下两个方面进行阐述。

一、水泥对混凝土性能的影响

(一) 水泥对混凝土工作性的影响

混凝土工作性(也称和易性)是关系到混凝土可施工性,均匀性及其后期性能发展的重要性能指标。工作性是指新拌水泥混凝土混合料在施工(拌合、运输、浇筑、振捣)过程中,在自重或机械力的作用下,能够均匀密实的填满模板空间,不产生泌水、离析和分层现象的性能。工作性是一项综合指标,它包括流动性、黏聚性、可塑性和保水性四方面的含义。流动性是指新拌混凝土混合料在自重或机械力的作用下,能产生流动,并能均匀地填满模板空间的性能;黏聚性是指混凝土混合料在施工过程中各成分之间有一定的黏聚力,不产生分层和离析现象的性能;可塑性是指混凝土混合料在施工过程中,不在外力作用下产生脆断的性能;保水性是指混凝土混合料在施工过程中,具有一定的保水能力,不产生

严重泌水现象的性能。工作性差易使混凝土出现蜂窝、麻面、分层等病害,甚至使混凝土结构无法达到其设计的其他性能包括强度和耐久性的要求,影响工程质量。因此,混凝土工作性是混凝土一项重要的基本性能。

混凝土从加水拌合开始,水泥熟料矿物开始水化,随着水化过程的深入,水化产物相互搭接,逐步凝结硬化。同时,由于水分的蒸发和水泥水化对水的消耗,混凝土浆体的自由水分也逐渐减少。因此伴随着水化过程的进行,混凝土浆体的流动性逐渐丧失,强度逐步发展,混凝土从可塑性浆体发展成为硬化混凝土结构。从这个过程来看,无论是混凝土的初始工作性,还是其工作性保持能力,都与水泥有重要的直接的关系。同时,由于外加剂在混凝土中的普遍使用,外加剂与混凝土中其他材料的相容性问题越来越受到重视,其中水泥与外加剂的相容性是最突出的问题。因此,水泥的性能特点是影响混凝土工作性能的核心因素,主要体现在以下几个方面。

1. 水泥熟料矿物组成和矿物形态

水泥熟料的矿物组成和其矿物形态,直接影响到水泥水化硬化的进程以及对外加剂的吸附,因此,对混凝土的工作性有重要的影响,特别是对坍落度损失以及对水泥与外加剂的相容性。

(1) 对坍落度损失的影响

混凝土坍落度损失的主要原因为水泥水化消耗自由水,并产生水化产物相互搭接,使新拌混凝土黏度增大。水泥熟料四大主要矿物为硅酸三钙(C_3S)、硅酸二钙(C_2S)、铝酸三钙(C_3A)、铁铝酸四钙(C_4AF)。其中 C_3A 水化最快,如果没有合适的调凝组分, C_3A 很快水化生成片状的水化铝酸四钙,这些产物相互搭接,致使新拌混凝土浆体很快丧失流动性。 C_3S 水化反应也很快,并且由于 C_3S 是熟料中含量最多的矿物,其水化程度直接影响着浆体的凝结硬化。因此,熟料中 C_3S 和 C_3A 含量高的水泥,特别是 C_3A 高的水泥,初期水化快,易造成混凝土坍落度损失大,需要相应的调整措施来保持坍落度。

(2) 与外加剂的相容性

水泥与外加剂的相容性与其对外加剂的吸附量有关。众多研究表明,外加剂主要被吸附在水泥水化产物的表面。表 1-1 显示了掺与未掺减水剂的水泥的化学结合水值(化学结合水反映了水泥的水化程度)。从表 1-1 可见,3 小时之前掺减水剂水泥的化学结合水量大于未掺减水剂者,这说明 3 小时之前掺减水剂水泥水化速度比未掺者快。如果减水剂是吸附在未水化水泥颗粒表面,那么掺减水剂的水泥水化应比未掺减水剂的慢。可见,外加剂主要被吸附在水化产物表面。因此,凡是水化快和产生的水化产物比表面积大的熟料矿物,吸附外加剂多,与外加剂的相容性就差。在水泥熟料矿物中, C_3A 水化最快,其水化产物具有比较大的比表面积,因此,对外加剂的吸附大。另外, C_3S 水化也很快,其水

化产物水化硅酸钙凝胶(C-S-H)也有很大的比表面积,对外加剂的吸附量也比较大。因此,熟料中 C_3S 和 C_3A 含量高的水泥,表现在混凝土的工作性上往往为初始坍落度低或坍损大。

表 1-1 掺与未掺超塑化剂的水泥的化学结合水值

时 间	化学结合水量/%	
	纯水泥	水泥 + 减水剂(萘系)
5min	1.41	1.54
10min	1.45	1.60
20min	1.59	1.82
40min	1.63	1.97
60min	1.68	1.91
3h	1.93	2.16
6h	2.59	2.54
18h	3.83	3.64
1d	4.40	4.11
3d	8.98	8.36
7d	9.91	9.16
28d	14.32	13.73

注:以纯水泥水化 28d 的水化程度 $\alpha = 80\%$ 计。

熟料矿物的结晶形态及其固熔的不同微量的氧化物直接影响其反应活性,因此,即使矿物组成比例类似的熟料,混凝土的工作性也可能会有不同的表现。比如斜方晶系的 C_3A 和立方晶系的 C_3A 其反应活性有很大的差别,从而导致混凝土的工作性有很大的差别,在某些情况下,斜方晶系的 C_3A 由于其水化速度难以控制可能导致混凝土丧失工作性。由于熟料矿物的形态和其固熔矿物与熟料的烧成过程直接相关,属于水泥生产的问题,在此不做详细讨论。但作为混凝土工作者,有必要了解该影响因素,以便在工作中遇到类似的问题时能够与水泥生产企业做好沟通,针对性地解决问题。

2. 硫酸盐含量和类型

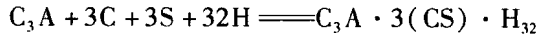
如前所述, C_3A 是影响到混凝土坍落度损失和水泥与外加剂相容性的关键因素,究其原因,是因为 C_3A 水化速度太快,其与水接触的 30 秒内就开始大量反应,导致混凝土急凝,丧失工作性,因此,需要加入调凝剂硫酸盐(石膏)以调节 C_3A 的水化,从而保证混凝土的工作性。在石膏存在与否的条件下, C_3A 水化反应分别如下:

(1)在无石膏时, C_3A 遇水即迅速反应,生成片状的水化铝酸四钙,混凝土

工作性迅速丧失。



(2)在石膏存在时, C_3A 与石膏反应生成钙矾石。如果石膏的活性与 C_3A 匹配,则生成凝胶状钙矾石,覆盖在 C_3A 表面,抑制其水化,混凝土工作性好。如果石膏活性不足,则生成针棒状钙矾石以及水化铝酸钙,造成混凝土流动性丧失;如果石膏活性过大,则产生条状次生石膏导致流动性丧失。



因此,硫酸盐与 C_3A 反应活性的匹配是获得混凝土良好工作性的重要因素。 C_3A 的反应活性取决于其本身的含量和其矿物形态。硫酸盐主要来源于粉磨水泥时外掺的石膏,另外水泥熟料和混合材以及配制混凝土时加入的外加剂也会带入硫酸盐。硫酸盐的反应活性,一方面决定于其含量,含量高则系统中硫酸盐的反应活性大;另一方面,不同类型的硫酸盐,其本身的活性也不一样,常见于水泥混凝土系统的硫酸盐,其活性顺序如下:硫酸碱(硫酸钠,硫酸钾) > 半水石膏 > 石膏 > 硬石膏。水泥在粉磨过程中如果磨温高,会导致部分石膏脱水形成半水石膏,增加了硫酸盐的活性。过多的半水石膏遇水形成二水石膏晶体,易导致混凝土假凝。

超塑化剂可改变石膏的溶解度和溶解速度,从而影响外加剂与水泥的相容性。例如,掺硬石膏的硅酸盐水泥与糖类和木质磺酸盐类超塑化剂同时用于混凝土中时,可能发生速凝,影响混凝土工作性。其原因在于这两类超塑化剂使硬石膏的溶解能力降低,减少了溶液中的 SO_4^{2-} 离子浓度,从而影响到硫酸盐对 C_3A 水化的调节作用。

3. 碱(可溶性碱)

水泥中的碱,部分固熔到熟料矿物中,部分以可溶性碱的形式存在。可溶性碱由于其对水泥水化的促进作用,对混凝土的工作性和强度都产生影响。

从工作性来看,可溶性碱由于其加快了水泥水化反应,从而导致混凝土需水量大、坍落度降低、坍落度的经时损失加快。王善拔教授在《关于水泥与超塑化剂相适应性的几个问题》中论述了碱对水泥与超塑化剂的相适应性问题,认为碱的存在使水泥标准稠度需水量增大、凝结快、早期强度提高而后期强度降低,碱的存在也使水泥的流动度减小。例如,某硅酸盐水泥 C_3A 含量为 5.69%,碱含量(R_2O)为 0.42%,而另两种普通水泥 C_3A 含量为 5.19%,但碱含量分别为 1.32% 和 2.00%,分别掺入 0.5% FDN,其流动度分别为 280mm、264mm 和 100mm,可见碱使水泥流动度减小,碱含量越高,流动度越小。

清华大学阎培渝教授等人研究了可溶性碱对水泥与减水剂的相容性,认为存在一个最佳可溶性碱含量,在此最佳可溶性碱含量下,水泥浆体的流动性最

好,流动度经时损失也最小,也即混凝土的工作性好。水泥所含可溶性碱量仅占其总碱量的11%左右,低于最佳可溶性碱含量。当高效减水剂掺量小于其饱和掺量时,掺加适量的可溶性碱有助于提高水泥浆体的流动度,并减小流动度经时损失;当高效减水剂掺量大于其饱和掺量时,基本上可以不考虑可溶性碱对水泥浆体流动度的影响。高效减水剂掺量和水泥中的可溶性碱含量共同决定了水泥浆体的流动性。

关于碱含量的问题,不同学者有不同的观点。笔者认为,首先,水泥中的碱含量是水泥原材料中带来的,受原材料资源条件的限制,因此,要客观对待水泥中的碱含量,当然不排除某些水泥厂为提高水泥早期强度添加的早强型助磨剂可能带来的水泥碱含量增加。其二,从对混凝土性能的影响来看,影响混凝土工作性和强度的主要是可溶性碱,因此,要区别看待总碱量和可溶性碱的含量,必要时可检测水泥中的可溶性碱含量。其三,实际使用中,如果有碱-集料反应风险,需要控制混凝土中的碱含量,可优先考虑选购低碱水泥。

4. 水泥混合材种类和掺量

在水泥粉磨阶段加入的粉煤灰、矿渣、石灰石等混合材,与在混凝土配制过程中作为掺合料加入的矿粉、粉煤灰、石灰石微粉等,对混凝土性能的影响有着基本一致的规律,将在本章掺合料部分论述。但是,由于水泥厂添加的粉煤灰、矿渣等材料与混凝土用的掺合料在质量上有不同的要求,因此,对混凝土的性能影响也有差别。另外,由于混合材的易磨性不同,与熟料共同粉磨的过程中,增大了水泥颗粒分布的连续性,改善了水泥颗粒级配,从而减少需水量,有利于改善混凝土的流动性。从水化反应来讲,混合材的反应为潜在的水化反应和火山灰反应,其反应活性低于水泥熟料颗粒,因此,混合材取代水泥熟料降低了水化初期对水的消耗,也有利改善混凝土的流动性。常用的几种混合材对混凝土工作性的影响如下:

(1)矿渣或矿粉作为混合材加入到水泥中,有利于改善混凝土的流动性,减少坍落度损失。但是,与其他混合材相比,矿渣更容易导致泌水。

(2)粉煤灰:由于粉煤灰本身的品质差异很大,对混凝土的性能影响也不同。优质的粉煤灰,由于具有球形颗粒形貌,有滚珠效应,减少了颗粒间的摩擦,而且,由于球形颗粒的表面积与体积比值最小,使湿润颗粒表面的需水量最低,这样就导致浆体中用于流动的自由水较多,混凝土的坍落度增大。质量差的粉煤灰,比如含碳量超过5%的粉煤灰,由于碳对水和外加剂的吸附,导致混凝土坍落度低,也加大了坍落度损失。

(3)石灰石:石灰石作为一种最便宜的惰性填料,越来越多的被作为混合材添加到水泥中。仅从工作性的角度考虑,由于石灰石容易磨细,其颗粒形状好,需水量小,对改善混凝土的流动性和黏聚性有有利的影响。

(4)其他火山灰质材料:一般说来,火山灰质混合材具有较大的内比表面积。因此,导致混凝土需水量大,同样用水量的混凝土则坍落度低,坍落度损失大。有研究表明,沸石粉掺量每增加3%,混凝土的坍落度下降10mm。据报道,几种火山灰质混合材的内比表面积分别为:硅藻土 $135.7\text{m}^2/\text{g}$,凝灰岩 $84.6\text{m}^2/\text{g}$,赤页岩 $10.1\text{m}^2/\text{g}$,粉煤灰 $4.6\text{m}^2/\text{g}$ 。

5. 水泥细度和粒径分布

水泥越细,则标准稠度需水量越大,表现在混凝土中即为要达到相同的坍落度则用水量增大。有报道,水泥比表面积为 $300 \sim 400\text{m}^2/\text{kg}$ 时,若水泥粒径分布斜率和熟料反应活性不变,比表面积每增加 $100\text{m}^2/\text{kg}$,则导致水泥标准稠度需水量增加1.6%,其中水泥粉体空隙率增加和形成水膜的物理因素导致需水量增加0.8%,熟料反应面积增加导致化学反应加快引起的需水量增加为0.8%。

不仅水泥的综合比表面积,水泥的颗粒级配对水泥的需水量也有很大影响,从而影响到混凝土流动性。颗粒分布集中的水泥,由于其堆积体中空隙大,需水量增大,而连续级配的水泥,由于能形成紧密堆积,空隙率低,因此,需水量小,有助于提高混凝土的流动性。现代水泥的生产多使用闭路磨加高效选粉机的粉磨系统,水泥粉磨效率提高了,但水泥颗粒的分布也变得比开路磨窄,水泥的需水量增大,导致混凝土的工作性损失。

当然,对水泥细度的分析,还要结合水泥的组分加以判断。现代水泥多加了各种混合材料,而各种材料的易磨性不同,在共同粉磨过程中,其被磨细的程度也不一样,比如矿渣和水泥熟料共同粉磨的体系中,由于矿渣难磨,达到同样的综合比表面积时,熟料颗粒被磨得更细,导致水化反应加快,表现为混凝土需水量增大,坍落度损失大,工作性不好,当然也可能带来水化热集中等其他问题。在共同粉磨体系中,石灰石、粉煤灰等其他易磨材料通常被磨得更细,虽然有可能增加物理吸附的水量,但通常由于对级配的改善作用而改善混凝土的工作性。

6. 水泥的陈化时间

水泥的陈化时间关系到水泥的出厂温度,从而影响到混凝土工作性。陈化时间短的水泥,特别是在夏季,出厂温度高,容易导致混凝土需水量大,坍落度损失大。曾经有搅拌站使用陈化时间短的水泥,混凝土在运输途中即凝结硬化在罐车内。

(二)水泥对混凝土强度的影响

1. 抗压强度

对普通混凝土来讲($C60$ 以下),其抗压强度依然符合 Bolomy 定律:

$$W/B = \alpha_a \times f_b / (f_{cu,0} + \alpha_a \times \alpha_b \times f_b)$$