

混凝土材料实用指南

徐定华摇冯文元摇编著

中国建材工业出版社

摇图书在版编目(悦孕)数据

摇混凝土材料实用指南 徐定华 冯文元编著 郢—北京：
中国建材工业出版社 圆园园源愿

摇阳晨 圆园园源愿

摇Ⅰ 混...摇Ⅱ 援①徐...②冯...摇Ⅲ 混凝土建筑材料
高等学校教材摇Ⅳ 援战援愿

摇中国版本图书馆 悦孕数据核字(圆园园源)第 园园源苑号

混凝土材料实用指南

徐定华摇冯文元摇著编

出版发行：中国建材工业出版社

地摇摇址：北京市西城区车公庄大街 远号院

邮摇摇编：员园园源愿

经摇摇销：全国各地新华书店

印摇摇刷：北京鑫正大印刷有限公司

开摇摇本：苑愿皂伊员园愿皂摇员愿

印摇摇张：员愿愿缘

字摇摇数：猿起千字

版摇摇次：圆园园源年 员园月第 员版

印摇摇次：圆园园源年 员园月第 员次

定摇摇价：圆猿园元

网上书店：憎憎曾援薄燥造元帮燥

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：(园园) 愿愿愿愿愿

序

徐定华教授现已八十高龄,在天津大学从事混凝土材料教学与科研工作数十年,造诣很深。在教学工作期间,就深感当时混凝土材料的教材深度与广度不足,未能形成一门学科应有的课程体系。因此,在校工作期间曾编著了《混凝土材料讲座》作为研究生的选用材料。

1989年,徐教授退休后,在上述《讲座》一书的基础上,利用现代媒体手段,上网检索了有关混凝土技术的新发展动态(至1994年夏季),与徐敏先生合作对原书进行了修改、补充,编著了《混凝土材料学概论》,于1994年由中国标准出版社出版发行。该书问世后,深受混凝土材料教学与科技工作者的欢迎和好评。从事高校教学工作的一些教师还向徐教授提了建议,认为《概论》一书的内容偏深,篇幅较大,作为科研人员的参考书十分适用。而当前高校还迫切需要一本可供本科生用的教材或参考书,拟请徐教授再编著一本“简本”。

徐教授得此信息后,不顾年高、体弱,在短短的一年内立即着手编写出了《混凝土材料实用指南》,以适用于高校混凝土材料专业本科生教学用为目的。该书既有理论又有实用性,力图使读者能在掌握较扎实的理论基础上指导应用,做到理论与实践相结合。其理论部分的内容取自《概论》一书的精华。其实用部分是由徐教授的高足,20世纪40年代毕业后一直从事混凝土材料研究与施工,富有实践经验的冯文元高工编写。

徐教授十分热心于我国混凝土技术事业,在教学工作期间,不仅培养了一大批技术人才,在“文革”下放工地劳动期间还创制了当时十分适用的“混凝土配合比计算尺”,并传授运用了十余年,为混凝土事业做出了贡献。

退休以后,徐教授老骥伏枥,为混凝土事业继续发挥余热,先后与他人合作编著了10余万字的《混凝土材料学概论》与10余万字的《混凝土材料实用指南》。两书均属当前具有较高学术水平与实用价值的混凝土材料学的专著,受到广大读者的欢迎。

由于混凝土技术近几年来发展十分迅速,限于精力、时间和篇幅,书中对当前混凝土技术进步的最新动态有所遗缺,也属在所难免。

对徐定华教授热爱事业、锲而不舍、严谨治学的精神,我深表敬意。

蒋家奋摇摇

1994年5月10日

摇摇蒋家奋 教授级高级工程师。原国家建材局苏州混凝土水泥制品研究院技术顾问、武汉工业大学北京研究生部兼职教授、中国水泥制品工业协会顾问、美国混凝土学会(ACI)荣誉委员会(高强混凝土)咨询委员、国际分委员会委员。

前摇摇言

本书第一作者于 1984 年在中国标准出版社出版了《混凝土材料学概论》(简称:《概论》)一书(徐定华、徐敏编著 1984 年 苑月),目前这本《混凝土材料实用指南》是《概论》的简本、姊妹篇。事实上《概论》是编著者多年从事混凝土材料教学实践中经验的总结。当时深感混凝土材料课程内容基本上传统经验的堆积,还没有梳理成一门学科应有的课程体系,明显落后于金属、陶瓷乃至塑料等学科。经过多年积累,1991 世纪 80 年代中完成了《概论》的初稿,曾送兄弟单位交流,大家反映该初稿内容丰富,资料翔实,但在市场经济的冲击、运作之下,学术著作处境十分困难,未能出版。又经过作者十余年的努力,《概论》于 1994 年出版问世。

《概论》出版后,我们自费购书,并赠阅给本学科研究单位及高校教师,征询意见,承蒙各方面爱护,迅速得到反馈意见。大家认为,在近期它可能成为研究人员和研究生有用的参考书。编写《概论》的目的、初衷在于为混凝土材料课程提供另一种风格的教材,更好地进行学术鸣放,编著者更多着眼于本科生专业教学的需要,在反馈意见中,我们十分庆幸地得到了高校教学第一线教授们的指点。他们指出:由于原著篇幅较大,内容也偏难偏深,考虑到本科生专业学习的学时有限以及他们的实际水平,目前这种版本恐怕很难直接作为本科生教材使用,更需要某种形式的“简本”。这种分析,我们完全同意,于是着手安排“简本”的编写,这就是《混凝土材料实用指南》教本的由来。

《混凝土材料实用指南》选编内容大致包括理论与实用两部分。在保证实用的前提下,力图保持一定的理论储备。理论部分是《概论》的简略。按照本科生专业学科必要的基础知识,保留《概论》原有篇幅约三分之一,即十余万字,只有个别节、段略加增补。经过重新校订,行文更求通俗。我们考虑到读者对象,所以外国学者姓名一律采用中译名,同时取消各章的参考书目,不做进一步深入钻研的要求。本书还有一个特点,增加了计算手段。为了突出实用性的特点,对于重要公式,书中都提供了专门设计的诺模算图。

在混凝土材料工艺中,历来定量计算的作业不多,似乎只限于备料之类,还有一些简单级配等,只需算术及一般代数知识即可。但考虑到当代学科的发展,长此以往,恐怕很难适应今后学科发展的需要,所以书中公式除了讲清道理,还要求动手计算,解决实际课题。本书选择图算方法是基于作者的判断,它虽然不算什么高、精、尖,但是符合我国幅员广大的实际,简便易行,容易推广,是最现实通俗的技术措施。众所周知,图算特别适用于专项、单一、频繁、琐碎的计算作业,希望这项尝试能得到混凝土界广大技术人员和实际操作人员的使用和支持。

当代科技的发展,其主流自然要属计算机技术,各学科概莫能外。我国的龙头企业在追赶国际水平,争取并驾齐驱的竞赛中,要抓电算,这是不容置疑的。本书 愿介绍计算机在混凝土材料学中的应用,这是校友的专稿,既丰富了我们的论述,而且观点全面,可操作性强。但是,考虑到我国幅员辽阔,从东部到西部,从沿海到内地,混凝土现场作业的技术水平差异很大,实际上呈现一种“广谱分布”,我们似乎不可以“以偏概全”,忽略、抛弃图算在许多情况下可能发挥的作用。就好像现在我国大城市中,小汽车虽已开始进入家庭,但我国基本上还是个

自行车王国 ;飞机和航天技术尽管很先进 ,但在山区还不能取代马帮的作用 ,是同样的道理。

作为本科生教材 ,我们考虑也应该包含一部分必要的工地实用知识 ,这一部分由冯文元执笔编写。冯文元于 20 世纪 50 年代初毕业于天津大学土木系建筑制品专业 ,我们谊属师生 ,并曾有过合作共事的经历。冯文元多年来在大型企业中从事中心实验室工作及负责基层施工 ,近年退休后仍在广东沿海等地负责重点实验室建设 ,负责质量管理及预拌厂等工作 ,对混凝土材料及施工经验比较丰富。现在承担这件工作 ,为混凝土专业本科生编写“应知应会”的实用知识 ,应该能满足需要。

实用部分的篇幅约十余万字 ,和理论部分相当。为使这两部分内容保持适当联系 ,书中是这样安排的。全书划分为 5 章 :第 1 章介绍混凝土的原材料和混凝土材料相关的知识 ;第 2 章、第 3 章分别介绍骨料和附加剂 ,并适当作理论深入地探讨 ;第 4 章介绍混凝土配合比 ,先从原则、程序、规范、计算式等着手 ,然后补充必要的基础理论 ;第 5 章 ~ 第 8 章介绍强度问题以及混凝土性质等 ;第 9 章分析混凝土裂缝的问题 ;第 10 章介绍预拌混凝土业务。全书内容夹叙夹议 ,组织合宜 ,不显得突兀。

本书的编写以满足高校混凝土材料本科专业教学为目的。我们认为 ,这种安排、规模及内容深浅的掌握对于施工现场的初、中级职称的青年技术干部、有志钻研业务的同志也很适用 ,盼望这部分同志能有机会试用 ,并提出宝贵意见 !

本书分工如下 :第 1 章 ~ 第 4 章由冯文元执笔 ,第 5 章 ~ 第 8 章由徐定华执笔 ,章中各节有些交叉 ,如第 5 章 ~ 第 6 章部分由徐定华担任 ,第 7 章 ~ 第 8 章部分由冯文元担任。

本书开始写作时 ,书的第一作者身体条件已很恶劣 ,工作几乎难以为继 ,幸好作者的家属——包括爱人、女儿和亲友等都投入了这项工作 ,付出了辛勤的劳动 ,如资料收集、文稿录入以及插图绘制、底图修整等都给予了极大的支持 ,一一得到解决。他们给予我们的不仅是亲属的情谊 ,更是对于我们工作和事业的支持和理解。此外 ,身边的许多青年人、研究生们也热心承担了各项工作 ,如资料搜索、数据的计算等 ,对这些朋友们的大力支持与帮助 ,令人十分感动 ,作者们在此表示衷心地感谢。本书今日出版、问世 ,能为读者服务 ,令人欣慰 !

更难得的是 ,本书承蒙蒋家驹教授慨允赐序 ,光辉篇幅 ! 我们在此郑重致谢 !

徐定华(天津大学土木系)

冯文元(高工)

2000 年 1 月

目 录

混凝土原材料的选择	(员)
原材料选择的必要性	(员)
水泥的选择	(员)
硅酸盐水泥	(圆)
普通硅酸盐水泥	(圆)
矿渣硅酸盐水泥	(猿)
火山灰质硅酸盐水泥	(源)
粉煤灰硅酸盐水泥	(源)
复合硅酸盐水泥	(源)
砸型水泥	(缘)
骨料的选择	(缘)
粗骨料的选择	(远)
细骨料的选择	(苑)
外加剂的选择	(苑)
减水剂的选择	(苑)
减水剂的主要品种和性能	(愿)
减水剂与水泥的适应性(协调匹配性)	(员)
提高减水率效果降低混凝土坍落度损失的途径	(员)
引气剂的选择	(员)
引气剂在混凝土中的主要作用	(员)
使用引气剂的注意事项	(员)
引气剂的推广应用	(员)
关于引气剂能降低混凝土抗压强度的问题	(员)
膨胀剂的选择	(员)
常用膨胀剂的种类	(员)
膨胀剂对混凝土性能的影响	(员)
膨胀剂的注意事项	(员)
早强剂的选择	(员)
矿物掺料的选择	(员)
矿物掺料的品种	(员)
矿物掺料在混凝土中的作用	(员)
矿物掺料的主要性能	(员)

圆摇骨料的几何性质	(圆原)
摇圆摇圆摇绪言	(圆原)
摇圆摇圆摇骨料粒形与粒径的表征	(圆原)
摇圆摇圆摇圆摇圆度、球度与颗粒表面组织	(圆原)
摇圆摇圆摇圆摇圆度	(圆原)
摇圆摇圆摇圆摇圆球度	(圆缘)
摇圆摇圆摇圆摇圆表面组织	(圆远)
摇圆摇圆摇圆摇圆棱角数	(圆苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆使用数字图像处理技术的粒形分析	(圆苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆二维投影到三维参数的转换	(圆苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆颗粒宽度到等效筛孔尺寸的转换	(圆愿)
摇圆摇圆摇圆摇圆几种粒形参数——有必要增加几个定义	(圆愿)
摇圆摇圆摇圆摇圆粒径的表征	(圆怨)
摇圆摇圆摇圆摇圆级配的数字表征	(圆怨)
摇圆摇圆摇圆摇圆骨料级配的描述	(圆怨)
摇圆摇圆摇圆摇圆细度模数剖析	(猿园)
摇圆摇圆摇圆摇圆比表面积介绍	(猿远)
摇圆摇圆摇圆摇圆蔡茨曼的“粒径标准偏差”	(猿苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆级配曲线	(猿苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆理想级配曲线	(猿苑)
摇圆摇圆摇圆摇圆墙壁效应与佛瑞(云)曲线	(猿怨)
摇圆摇圆摇圆摇圆不连续级配概述	(源圆)
摇圆摇圆摇圆摇圆维茅斯的颗粒干扰学说	(源缘)
猿摇高性能混凝土的基本知识	(源愿)
猿摇猿摇概述	(源愿)
猿摇猿摇超塑化剂的作用与选择	(源怨)
猿摇猿摇猿摇猿摇散凝、分散机制	(源怨)
猿摇猿摇猿摇猿摇水泥—超塑化剂的“协调匹配”(“适应性”问题)	(源怨)
猿摇猿摇猿摇猿摇工作性损失	(缘)
猿摇猿摇猿摇超塑化剂剂量和有关问题	(缘)
猿摇猿摇猿摇硅粉使用和有关问题	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇附加胶凝材料、水灰比和水料比	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇骨料强度的限制作用	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇硅粉混凝土长期强度的外观减退	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇显微填充料对增强混凝土强度的作用	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇真正复合体的强度表现	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇掺碳黑混凝土和水泥净浆的增强效应	(缘)
猿摇猿摇猿摇猿摇硅粉和碳黑影响的比较	(缘)

远瑶混凝土强度试验的理论基础	(愿怨)
摇远瑶瑶概述	(愿怨)
摇远瑶瑶抗压试件内部应力分布	(愿怨)
摇摇远瑶瑶瑶应力分布规律	(愿怨)
摇摇远瑶瑶瑶试件高宽比对抗压强度的影响	(怨园)
摇远瑶瑶端头约束条件	(怨园)
摇摇远瑶瑶瑶端头摩擦力分析	(怨园)
摇摇远瑶瑶瑶关于加荷垫板与改进	(怨缘)
摇摇远瑶瑶瑶衬垫材料选用	(怨远)
摇远瑶瑶试验机的影响	(怨愿)
摇摇远瑶瑶瑶球座的影响	(怨愿)
摇摇远瑶瑶瑶偏心率的影响	(元园)
摇摇远瑶瑶瑶试验机刚度的影响	(元园)
摇远瑶瑶试块的尺寸效应	(元园)
摇摇远瑶瑶瑶现象与数据	(元园)
摇摇远瑶瑶瑶理论解释	(元源)
摇摇远瑶瑶瑶几何异质度的影响	(元缘)
摇远瑶瑶几个影响因素	(元苑)
摇摇远瑶瑶瑶试验速度的影响	(元苑)
摇摇远瑶瑶瑶加荷时环境温度对强度的影响	(元怨)
摇远瑶瑶抗压强度的正确评定	(元员)
摇摇远瑶瑶瑶强度的离散性	(元员)
摇摇远瑶瑶瑶抽样检验	(元猿)
摇摇远瑶瑶瑶强度评定	(元源)
摇摇远瑶瑶瑶评定标准	(元源)
摇摇远瑶瑶瑶对不合格强度的分析和处理	(元缘)
摇摇远瑶瑶瑶强度评定中存在的问题及对策	(元远)
摇远瑶瑶混凝土抗压试件破坏形状与分析	(元怨)
苑瑶混凝土强度预估	(元员)
摇苑瑶瑶混凝土早期强度估算	(元员)
摇摇苑瑶瑶瑶成熟度概念	(元员)
摇摇苑瑶瑶瑶阿润纽斯物理■化学公式和成熟度的结合	(元圆)
摇摇苑瑶瑶瑶成熟度概念探讨	(元猿)
摇摇苑瑶瑶瑶成熟度■强度关系	(元源)
摇苑瑶瑶修正成熟度模型估算混凝土后期强度	(元缘)
摇摇苑瑶瑶瑶高温养护的不利影响	(元缘)
摇摇苑瑶瑶瑶修正成熟度模型	(元缘)
摇摇苑瑶瑶瑶小结	(元愿)
愿瑶混凝土抗冻性	(元怨)

摇摇摇摇水泥石冰冻的物理基础	(员圆怨)
摇摇摇摇摇摇可冻水	(员圆怨)
摇摇摇摇水泥石及混凝土在冻融过程中的胀缩表现	(员圆)
摇摇摇摇古典的饱和系数及当代的“抗冻度”理论	(员圆)
摇摇摇摇摇摇饱和系数概念及评述	(员圆)
摇摇摇摇摇摇瑞典法格伦的“抗冻度理论”	(员圆)
摇摇摇摇摇摇鲍尔斯的水压力学说	(员圆)
摇摇摇摇摇摇学说实质	(员圆)
摇摇摇摇摇摇临界厚度概念	(员圆)
摇摇摇摇摇摇间距因数介绍(学说的应用)	(员圆)
摇摇摇摇摇摇显微规模析冰学说(渗透压或结晶压力学说)	(员圆)
摇摇摇摇摇摇问题实质	(员圆)
摇摇摇摇摇摇析冰和水压力现象异同	(员圆)
摇摇摇摇摇摇宏观规模析冰(冻胀现象)	(员圆)
摇摇摇摇摇摇砂石骨料对混凝土抗冻性的重要性	(员圆)
摇摇摇摇摇摇骨料颗粒的临界尺寸与临界饱和度	(员圆)
摇摇摇摇摇摇骨料达到临界(危险)饱和度需要的时间	(员圆)
摇摇摇摇摇摇冻融循环试验剖析及可能的改进	(员圆)
摇摇摇摇摇摇存在问题	(员圆)
摇摇摇摇摇摇可能的改进做法	(员圆)
摇摇摇摇摇摇有关试验标准	(员圆)
怨摇摇混凝土的裂缝控制	(员圆)
摇摇摇摇混凝土裂缝的危害	(员圆)
摇摇摇摇混凝土裂缝的分类	(员圆)
摇摇摇摇混凝土裂缝产生的原因	(员圆)
摇摇摇摇摇摇荷载裂缝产生原因	(员圆)
摇摇摇摇摇摇变形裂缝产生原因	(员圆)
摇摇摇摇摇摇裂缝特征	(员圆)
摇摇摇摇摇摇塑性收缩裂缝	(员圆)
摇摇摇摇摇摇温度裂缝	(员圆)
摇摇摇摇摇摇干燥收缩裂缝	(员圆)
摇摇摇摇摇摇荷载裂缝	(员圆)
摇摇摇摇摇摇裂缝控制——综合法	(员圆)
摇摇摇摇摇摇综合法的提出	(员圆)
摇摇摇摇摇摇综合法控制	(员圆)
摇摇摇摇摇摇有害裂缝的判断	(员圆)
摇摇摇摇摇摇裂缝的观测	(员圆)
摇摇摇摇摇摇裂缝的检查	(员圆)
摇摇摇摇摇摇有害裂缝的定义及判断	(员圆)

预拌混凝土	(员)
预拌混凝土现状及存在的问题	(员)
原材料的质量控制	(员)
混凝土工作性的质量控制	(员)
控制工作性	(员)
控制坍落度损失	(员)
混凝土强度的质量控制	(员)
平均强度和匀质性的控制	(员)
控制图	(员)
强度统计	(员)
预拌混凝土常见问题及对策	(员)
混凝土抗压强度不满足强度评定标准的要求	(员)
混凝土抗压强度过高	(员)
混凝土坍落度损失较大	(员)
混凝土缓凝	(员)
混凝土不满足特殊性能要求	(员)
混凝土出现裂缝	(员)
混凝土的耐久性	(员)
提高混凝土的耐久性是预拌厂义不容辞的责任	(员)
世纪 年代以前混凝土耐久性良好给我们的启发	(员)
影响混凝土耐久性的主要因素	(员)
提高混凝土耐久性的主要方法——综合法	(员)
提高混凝土耐久性的综合措施	(员)
附录	(员)
附录一 混凝土常用技术标准一览表	(员)
附录二 计算 月经验系数的回归方程	(员)
附录三 津华牌混凝土配合比专用计算尺(年更新版甲型)使用说明书	(员)

摇摇混凝土原材料的选择

摇摇原材料选择的必要性

摇摇混凝土生产的第一步就是原材料的选择,不论在何地生产的何种混凝土必须首先选好原材料,原材料的性能及质量直接影响混凝土的性能,不但品质必须合格,而且还要满足混凝土施工性能、力学性能以及耐久性等项要求。以水泥为例,应根据混凝土强度等级和其他性能要求选择原材料,水泥的强度等级除与混凝土强度等级相适应外,还应考虑混凝土的其他要求,如抗折、抗渗、耐蚀、抗裂、抗冻以及混凝土所处环境,如水下、地下、干燥及存在腐蚀介质等因素。骨料也应进行选择,除通常按混凝土结构尺寸及钢筋间距选择石子最大粒径外,骨料的级配、粒形、有害物含量以及单价都属选择之列。由于在一般强度等级的普通混凝土中,骨料的适应性比较普遍,似乎产生骨料不需选择的概念,即一种骨料可用于任何混凝土中,实际上这是一种误解,即使是普通混凝土,也应选择有害物含量合格、级配良好、价格适宜的骨料;对于有特殊要求的混凝土,如高强、高性能、耐蚀混凝土等,更应选择质地优良的骨料,而不宜降低要求。如深圳某混凝土预拌厂生产的有抗折要求的路面混凝土,使用原存放的石子,抗折强度总是达不到设计要求,即使提高了水泥用量,效果也不明显,最后发现是石子不合乎要求,后来换了合格石子,抗折强度就达到了标准,由此说明,满足混凝土抗压强度的骨料未必满足其他性能要求。由于外加剂品种繁多且性能各异,选择时除考虑其功能、掺加效果、有害物含量及价格等因素外,还应认真考虑其同水泥的适应性,选择确实能满足混凝土性能要求的品种。矿物掺料的细度、化学成分、活性指数等各不相同,与外加剂相似,也需要选择合理的掺料,满足要求。

但是在混凝土生产过程中,往往原材料选择面很窄,没有较大的选择余地,这是囿于原料供应渠道的限制,预拌厂也不可能堆放品种过多的材料,这时往往不得不降低要求,利用原有材料,并采用其他措施予以补救,而对于工程量较大或某些性能要求较高的混凝土,则必须给以更多重视。如工程量很大的混凝土,选择级配良好的骨料,或者进行人工级配,可收到混凝土不易离析、密实度高、节约水泥的良好效果。

摇摇水泥的选择

目前我国常用的水泥共六种:硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及复合硅酸盐水泥。这六种水泥因熟料的烧成、粉磨、矿物掺料的品种和掺量、石膏的品种和掺量不同而性能各不相同,同一种水泥也因强度等级的高低及是否早强而略有不同。表 5-1 列出六种常用水泥的性能比较,从中可以看出,各种水泥主要因混合材料的品种和掺量的不同,其性能有很大差别,因而购买水泥时,应向供应方索要水泥中混合材料品种及掺量的数据,作为选择水泥的依据。此外,水泥也因熟料矿物的含量不同而表现出不同的性能。四种熟料矿物的主要性能比较见表 5-2。现将六种常用水泥的主要性能分叙如下。

二、普通硅酸盐水泥

(一)强度发展 :由于没有掺加混合材料 ,或掺量很低 ,有明显的早强 ,后期强度发展较慢的情况 ,故该水泥适宜用于冬期施工 ,或要求早强的混凝土结构中。此外 ,硅酸盐水泥强度等级较高(源~缘,远~缘),可用于高强混凝土或高性能混凝土。

(二)水化热 :因硅酸盐水泥水化较快 ,水化热相应较高 ,不宜用于大体积混凝土或需控制水化热的混凝土中 ,但适于冬期施工 ,这时可利用水化热高的特点 ,进行蓄热养护。

(三)耐蚀性 :硅酸盐水泥的耐蚀性较差 ,这是因为 悦杂和 悦杂水化生成的 悦葬韵和 悦粤水化物与硫酸等盐类作用 ,生成膨胀性的水化硫铝酸盐 ,或易溶盐 ,导致混凝土破坏。此时掺入一定量的矿物掺料 ,可大大提高其耐蚀性。

(四)抗裂性 :由于硅酸盐水泥中的熟料矿物 悦粤及其含量相对较多 ,细度较细 ,故需水量较大 ,易产生收缩裂缝 ,又由于水化速度快 ,早期水化热较高 ,易在混凝土结构中产生温度梯度 ,造成温度裂缝 ,因而有抗裂要求的混凝土最好不采用硅酸盐水泥。

(五)抗冻性 :硅酸盐水泥抗冻性好 ,主要因为强度等级高 ,水灰比较小 ,水化速度快 ,使混凝土很快达到一定强度 ,避免冻害。

表 二 普通六大常用水泥的主要性能比较

项 目		硅 酸 盐 水 泥		普 通 硅 酸 盐 水 泥	矿 渣 硅 酸 盐 水 泥	火 山 灰 质 硅 酸 盐 水 泥	粉 煤 灰 硅 酸 盐 水 泥	复 合 硅 酸 盐 水 泥
代 号		孕 · I	孕 · II	孕 · 韵	孕 · 杂	孕 · 孕	孕 · 云	孕 · 悦
矿物掺料名称		原	石灰石或矿渣粒化高炉	活性或非活性混合材料	粒化高炉矿渣	火山灰质混合材料	粉煤灰	两种或两种以上规定的混合材料
矿物掺料掺量(豫)		园	≤缘	远~员缘	圆~ 苑	圆~ 缘	圆~ 源	员缘~ 缘
凝结时间	初凝	不得早于 源皂		不得早于 源皂				
	终凝	不得迟于 缘澡		不得迟于 员澡				
强度发展		早强		较早强	早期强度低后期高	早期强度低后期高	早期强度低后期高	早期强度低后期高
需水量		中		中	较小	较大	较小	较小
保水性		中		中	差	好	好	好
耐蚀性		差		差	好	好	好	好
抗冻性		好		好	差	差	差	差

注 本表引自《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》 粤 缘~缘;《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》 粤 缘~缘;《复合硅酸盐水泥》 粤 缘~缘。

二、普通硅酸盐水泥

(一)强度发展 :普通硅酸盐水泥熟料与硅酸盐水泥相同 ,只是掺 员缘以内的混合材料 ,故早期强度比硅酸盐水泥稍低 ,但高于其他水泥 ,该种水泥因强度等级适中 ,性能适应面宽而被广泛用于各种结构的混凝土。由于所用混合材料的品种及掺量对普通硅酸盐水泥的性能有影响

响 ,使用前应了解所掺混合材料的有关资料。

(圆)水化热 :与硅酸盐水泥差别不大 ,比其他水泥水化热高 ,在要求控制水化热的地方 ,可以掺加粉煤灰等矿物掺料 ,以降低其水化热。

(猿)耐蚀性 :普通硅酸盐水泥耐蚀性较差 ,对有耐蚀性要求的混凝土应优先使用矿渣硅酸盐水泥等混合材料掺量较多的水泥。

(源)抗裂性 :虽然普通硅酸盐水泥的水化热较高 ,但采用掺加矿物掺料等措施后仍可用于有可能出现温度裂缝(如大体积混凝土)的结构 ,另外 ,其需水量不是很大 ,也可用于可能出现收缩裂缝的地方 ,但仅就抗裂要求来讲 ,普通硅酸盐水泥不宜单独使用。

(缘)抗冻性 :与硅酸盐水泥相似 ,普通硅酸盐水泥的抗冻性较好。

二、矿渣硅酸盐水泥

(员)泌水性 :泌水性大是矿渣硅酸盐水泥的特点。混凝土成型后 ,不但在混凝土表面泌水 ,而且在混凝土内部骨料和水泥浆的界面上也有泌水 ,这使该水泥保水性差 ,混凝土工作性不好。混凝土硬化后 ,泌水表面形成孔隙 ,使其密实度降低 ,混凝土与钢筋的黏结力削弱。泌水还是混凝土塑性开裂的主要原因 ,故在使用矿渣水泥时 ,应采取排除泌水或二次抹面等措施避免塑性裂缝的产生。

(圆)强度发展 :早期强度较低 ,后期强度发展较快 ,因为矿渣的掺量很大 ,而矿渣中各成分(主要为 SiO_2 和 CaO)与水泥熟料矿物的反应速度较慢 ,所以矿渣硅酸盐水泥一般不用在要求早强的混凝土中。

(猿)水化热 :与硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥相比 ,矿渣硅酸盐水泥水化热较低 ,故可用于大体积混凝土等需要控制温度裂缝的结构。

(源)耐蚀性 :因为矿渣硅酸盐水泥中 Na_2O 含量及水化矿物 $Ca(OH)_2$ 含量较低 ,有利于抵抗硫酸盐等介质的侵蚀 ,可优先用于水下或有硫酸盐侵蚀的混凝土结构。

表 四种熟料矿物的主要性能比较

项 目		硅 酸 盐	普 通 硅 酸 盐	矿 渣 硅 酸 盐	粉 煤 灰 硅 酸 盐
在熟料中含量(豫)		高	中	低	低
水化速度		快	最慢	最快	较慢
充分水化后的水化热(兆焦)		高	中	低	低
强度发展		早期强度高	早期强度低 ,后期高	强度增至最高 ,后期很少	介于硅酸和普硅之间
凝结速度		快	较慢	最快	较慢
相对抗压强度	硅 酸 盐	高	低	高	低
	普 通 硅 酸 盐	高	低	高	低
	矿 渣 硅 酸 盐	高	低	高	低

注 :相对抗压强度以硅酸抗压强度为 1

(缘)抗裂性 :如上所述 ,矿渣硅酸盐水泥的水化热较低 ,可有效地降低混凝土内部的温度

猿

梯度,但该水泥泌水量大,混凝土表面如果处理不好,易出现塑性收缩裂缝。

(远)抗冻性:矿渣硅酸盐水泥抗冻性较差,这同该水泥泌水量大有关,因而冬期施工或有冻融要求的混凝土较少使用这种水泥。

火山灰质硅酸盐水泥

(员)强度发展:早期强度较低,后期强度有较大发展。因为一般混凝土工程皆要求较快的施工速度,同时在北方地区又存在冬期施工问题,大大限制了此种水泥的使用范围。

(圆)水化热:水化热较低,可用于控制温度裂缝的地方。

(猿)耐蚀性:其耐蚀性较好,对于有硫酸盐等侵蚀的混凝土中适宜采用此种水泥。

(源)抗裂性:火山灰质硅酸盐水泥的特点是需水量大,这是由火山灰质混合材料的性质决定的,其掺量越多,则需水量越大。这使混凝土干燥收缩增大,极易发生收缩裂缝,在混凝土养护不好,环境十分干燥的情况下,收缩尤为严重,所以该水泥抗裂性较差,不宜用于有抗裂要求的结构,即使用于普通混凝土,也应加强养护,使混凝土保持潮湿环境。

(缘)抗冻性:由于水化热低,早期强度发展缓慢等特点,不宜用于有抗冻要求的地方。

(远)保水性:火山灰水泥保水性好,没有泌水现象,使混凝土具有较好的工作性。

粉煤灰硅酸盐水泥

(员)强度发展:粉煤灰仍属火山灰质混合材料,粉煤灰水泥的强度发展与火山灰水泥相似,即早期强度发展缓慢,后期强度有较大增长。

(圆)水化热:由于粉煤灰的掺入,使水化热较低,粉煤灰掺量越大,水化热越低,所以适宜用于大体积混凝土等可能出现温度裂缝的地方。

(猿)耐蚀性:粉煤灰的主要成分是 SiO_2 ,它可以缓慢地与水化 $Ca(OH)_2$ 作用而提高混凝土的耐蚀性,适用于有硫酸盐侵蚀介质的混凝土中。

(源)抗裂性:由于粉煤灰水泥水化热低,可有效地防止温度裂缝的产生,同时,粉煤灰需水量低,使混凝土干燥收缩不大,故粉煤灰水泥的抗裂性好,可用于有抗裂要求的结构。

(缘)抗冻性:因早期强度较低,其抗冻性较差,故一般不用于冬期施工的混凝土。

粉煤灰硅酸盐水泥是近年才列为国家标准的水泥,因为其使用范围较小,所以人们对该水泥还不甚了解。使用前应了解粉煤灰的化学成分及在水泥中的掺量,以满足混凝土性能的要求。

复合硅酸盐水泥

(员)强度发展:复合硅酸盐水泥掺两种以上混合材料,总掺量与粉煤灰硅酸盐水泥相近,故强度发展缓慢,早期强度较低。

(圆)水化热:因掺入混合材,水化热较低。

(猿)由于同矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥相同原因,复合硅酸盐水泥的耐蚀性和抗裂性较好,抗冻性较差。使用复合硅酸盐水泥的混凝土,其具体性能如何应视混合材料的品种及掺量,《复合硅酸盐水泥》~~GB 175-1999~~ ^{GB 175-2007} 规定要求这种水泥应掺两种及两种以上混合材料,掺量为 $5\% \sim 10\%$,所以复合硅酸盐水泥的性能根据混合材料的品种、掺量与矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥相近;从理论上讲,当总掺量接近源

另豫时,复合硅酸盐水泥的性能应接近普通硅酸盐水泥,但混合材掺量一般不会掺这么少。

很多试验都说明,混合材料双掺或三掺时,不但能改善混凝土的某些性能,而且还改善单掺时水泥的某些性能,例如火山灰硅酸盐水泥单掺火山灰质混合材料,水泥需水量大,双掺时这一性能则有所改善;在混凝土中双掺混合材料同样比单掺性能优越,因而复合硅酸盐水泥的性能在某些方面优于矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥。

5.2.2 碾压型水泥

碾压型水泥即所谓早强型水泥,其标志是在强度等级后面加字母“碾”,此种水泥的碾压抗压及抗折强度比不带碾的同强度等级水泥要高。目前,市场上碾压型水泥相当普遍,几乎可以说充斥市场,碾压型水泥越来越多地被用于各种结构的混凝土中,这是因为一方面施工单位为了赶进度,往往首选早强水泥,以缩短混凝土的养护期;另一方面水泥厂常常用调整水泥细度的办法来生产各种强度等级的水泥,粉磨的越细,则水泥强度越高,同时早期强度也越高,这就出现了碾压型水泥。还有的水泥厂因为原料配料或烧成的原因使熟料质量不高,这时只有提高粉磨细度才能达到预期强度等级的要求,于是非碾压型水泥则变成了碾压型水泥。

虽然碾压型水泥早期抗压强度提高了(比同等级的水泥碾压强度提高 15% 以上),但随着水泥粉磨细度的提高,其水化速度大大加快,水化热也提高了,而且集中于早期,使混凝土极易产生温度裂缝,同时水泥的需水量也相应增加,使混凝土易于出现收缩裂缝,这就是采用碾压型水泥的混凝土往往出现裂缝的主要原因。此外,碾压型水泥也会加快混凝土凝结速度,增加混凝土坍落度的经时损失。对低强度等级的混凝土,水泥用量不大,上述问题不很严重,而对于高强混凝土,问题就严重得多。据资料介绍,我国很多水泥厂仍然只重视水泥的强度指标,把高强度等级水泥称作高质量水泥,不重视水泥性能给混凝土带来的不利影响,实际上如强度很高,或者早期强度很高,但颗粒级配不良,将导致需水量过大,凝结时间过快,使混凝土工作性变差,密实度降低,易于开裂,最终将影响混凝土的耐久性。

由此可见,在选择是否用碾压型水泥时,不能只顾及早强,还应全面考虑混凝土的其他性能要求。对于大体积混凝土结构,或薄壁长墙结构,应尽量不采用碾压型水泥,必须使用时,也应采取其他措施(如掺加矿物掺料或外加剂),防止混凝土开裂。

5.2.3 骨料的选择

骨料虽然没有活性,但却是混凝土的骨架,按重量计约占 40% 以上,其性能及质量对混凝土性能起重要作用。20 世纪 80 年代以前,由于混凝土强度等级较低(一般使用范围是 C15~C25),混凝土抗压强度主要与水泥质量和水灰比有关,认为骨料只起填充作用。随着混凝土强度等级的大幅度提高(一般使用 C30~C50),高强混凝土或高性能混凝土的大量使用,骨料的作用日益明显,以高强混凝土为例,当单方水泥用量达到 300kg 时,水泥用量继续增加对混凝土抗压强度的提高已无明显作用,而骨料的粒径、粒形、表面状况、级配乃至最佳砂率则上升为混凝土高强的主要因素,从而使骨料选择合适与否成为高强混凝土配制成败的关键。

另一方面,骨料是大宗材料,鉴于货源、生产条件、运输及堆放条件的差别,其均匀性如何也属是否选用的条件之一,特别是工程量较大的混凝土,骨料均匀性差,将直接造成混凝土质

量不均匀。

此外,骨料属地方材料,从经济考虑它不可能舍近求远长途跋涉从外地运来,所以骨料大都在当地选择,如果当地骨料质量欠佳,只有采取其他措施加以补救,在技术经济综合分析可行时,有的骨料也从外地供应。

选择骨料除视其有害物是否合格之外,应从混凝土对骨料的要求、骨料本身的性能及其成本等方面试验、分析,加以确定。可以肯定,没有适用于一切混凝土的骨料,各种混凝土对骨料的要求也不可能完全一样,有的骨料可能某一指标很好,而另一指标可能较差,因此,要针对骨料的实测指标和混凝土的技术要求,具体情况具体分析,同时应作混凝土拌和物及力学试验,确定骨料在混凝土中使用的实际效果,使骨料的选择符合实际情况,这种选择将是成功的。

粗骨料的选择

(1) 最大粒径 级配合格的粗骨料当最大粒径较大时,级配范围较宽,其空隙率及表面面积较小,使混凝土用水量相对较小,能得到比较密实的混凝土,而且在坍落度不变的情况下,相对水泥用量较少,所以对于一般强度等级的混凝土,只要模板及钢筋间距允许,应尽量使用最大粒径较大的骨料。但最大粒径太大时(如 $\geq 150\text{mm}$),粗骨料堆放时容易离析,堆放较高时则更为严重,混凝土也易于离析。最大粒径原则不适于高强混凝土。如果说粗骨料中有一定量的软弱颗粒,或针片状颗粒,对普通混凝土抗压强度影响不大的话,在高强混凝土中则影响巨大。颗粒较大的骨料易于折断,而且易产生针片状颗粒,对那些具有层状解理的石子而言更是如此。因此,高强混凝土的最大粒径不宜过大,以 $100\sim 120\text{mm}$ 为宜。

(2) 粒径及表面状况 卵石和碎石这方面有明显区别,卵石粒形浑圆表面光滑,可使混凝土工作性提高,而且比碎石的用水量小,单方水泥用量比碎石混凝土低,但因此带来的问题是降低了与水泥砂浆的黏结力,故卵石多用于一般强度等级混凝土,不用于高强混凝土。碎石棱角分明表面粗糙,虽然工作性不及卵石混凝土,用水量稍高,但与砂浆黏结力强,可用于各等级混凝土。

(3) 级配 级配是粗骨料选择时重要的技术指标,因为它直接影响混凝土拌和物及硬化混凝土的性能。目前所供应的卵石大都是连续级配,这同卵石具有一定的天然级配有关,砂石厂只要筛掉砂子及大颗粒石子,经清洗后即为成品,而碎石必须经破碎、筛分等工序,所以碎石多以单粒级供应。

《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》列出了级配范围,对单粒级或不满足级配范围的石子虽未定为不合格品,但必须配合成连续级配或经试验证实能确保工程质量时方可使用。采用级配合格的粗骨料不但混凝土不易离析,工作性较好,而且能保证混凝土密实,提高混凝土强度和耐久性,还可降低水泥用量。对不满足级配要求的粗骨料,可进行人工级配,用 $5\sim 20\text{mm}$ 不同粒径的石子按一定比例配合,或掺入一定比例的某粒级石子,使其达到最大密实。预拌混凝土厂完全有条件做到人工级配,对于现场搅拌的混凝土,也应力争用两种单粒级石子级配。

对于工程量很大的混凝土结构,或高强混凝土、高性能混凝土,必须采取措施使粗骨料级配达到最好,这不但保证混凝土各项性能满足要求,而且能收到降低成本的效果。实践证明,在混凝土中勉强使用级配不好的石子,会造成混凝土不密实,使混凝土抗渗等性能降低,易发生混凝土离析,出现蜂窝麻面,而且水泥用量可能超定额,其结果是因小失大,很不合