

混凝土材料学概论

徐定华、徐 敏 编著

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土材料学概论/徐定华等编. --北京:中国标准出版社,2002
ISBN 7-5066-2730-2

I. 混… II. 徐… III. 混凝土—建筑材料—理论
IV. TU528

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第016439号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

电话:68523946 68517518

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 465 千字
2002年7月第一版 2002年7月第一次印刷

印数 1—2 000 定价 38.00 元

网址 www.bzubs.com

科 目 609 453

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



在所有的建筑材料中,水泥混凝土是最经济最大量使用的结构与功能材料。在现代化的城市和工程建设面前,你很难想象,如果没有水泥混凝土材料将会怎样。毫无疑问,在可以预见的将来,水泥混凝土仍将是不可替代的主要建筑材料。

人类社会在工业化和现代化过程中不断发展的“混凝土森林”中不可避免地产生了“朽木”。不断出现甚至日益恶化的混凝土材料耐久性问题和建筑物质量问题已引起全社会高度重视。这些问题的产生,除了人为的因素以外,缺乏混凝土材料科学与技术知识是主要原因。近年来出版介绍国内外混凝土科学技术的书籍不少,但令人遗憾的是,许多都是“拿来主义”和“生吞活剥”式的编写,很少对国内外大量的文献资料做艰苦的收集整理、深入分析和去粗取精、追根溯源的研究,满足于经验和技术水平上的理解。相比之下,读者在阅读这本书时,面对书中所涉及的多学科的知识面和深度,一定会由衷敬佩近八十高龄的徐定华教授对混凝土材料科学问题锲而不舍,严谨认真的治学精神。

本书侧重于水泥混凝土材料物理力学性能方面的研究,作者从材料组成结构到性能,从物理模型到实验方法和仪器,从理论分析到工程应用等方面,应用材料流变学,材料强度理论,数理统计分析和许多新的计算理论和方法,对混凝土这一多组分、多相、多尺度的复合材料,从新拌状态到硬化后的物理力学性能展开讨论,力图拓宽和深化混凝土材料研究者的视野。除此以外,这本书还有许多突出特点,一是文字简明易懂。分析讨论的繁简和深浅尺度掌握很恰当,这是作者几十年的教学实践的成果;二是理论分析和解释能深入浅出,详细解析了许多学者望而却步的实验原理。对不同方法和理论的优缺点分析,显示了作者深厚的知识基础;三是历史跨度大。虽然涉及混凝土材料科技最新发展的篇幅不多,但为读者介绍了许多过去不为人所熟悉但不应被忽略的基础研究工作。由于比较充分地占有了资料,使读者对混凝土材料科学的发展过程能有比较全面的了解。此外,作为一个混凝土材料研究者,该书也凝聚了作者自己多年的研究心得,包括从不同实验研究现象建立普适性规律,将实验室科研成果转化为工程实用技术等方面。由于在介绍混凝土材料基本理论的研究发展方面,国内还没有类似深度和全面的书,我相信,本书不仅对于初学者,对混凝土材料研究和工程技术人员来说,也是一本很有价值的参考书。

徐永模 博士,研究员

中国建筑材料科学研究院 副院长

二〇〇二年二月

推荐意见

本人在此推荐徐定华教授编著的“混凝土材性讲座”一书。

长久以来,混凝土材料学只停留在试验学科的阶段。所以,进一步的掌握其性能是困难的,且是需要的。

徐教授在混凝土材料性能方面研究了多年,造诣很深。他纵横参考了国内外许多著作,细加分析与消化,配合以自己的研究成果,深入浅出地写下了这本“混凝土材性讲座”。经过给研究生讲课选用为教材,又为同行借鉴与参考,大家反映良好。无疑是一本难得的教材。

研究混凝土材料性能,结合当前的基础学科的成就,不满足于目前的试验学科阶段,方向是对的。其目的在于,试图能够制做指定性能的材料。徐教授的书就具有这样的意图。

这类书,目前国内还很少见。徐书具有较高的学术价值,它对本专业领域做贡献。是本较好的“入门”。

根据以上,我推荐出版这本“讲座”,以满足混凝土材料学科的发展要求。

推荐人: **吴健生** 教授(天津大学)

现兼任:天津市建筑学会副理事长

中国建筑学会高层建筑组成员

国务院学位委员会水土建学科评议组成员兼召集人

国务院自然科学基金评委会评委

结构工程学报编委

1990年3月7日

作者说明:此文所说《混凝土材性讲座》就是本书原来取名。

前 言

混凝土是当代土建、水利及道路工程上使用最广泛的建筑材料,数量庞大,品种繁多。有关混凝土工艺制造及材性的知识,是专业技术人员应该深入钻研的对象,广大施工人员也应具有一定的理解,才能真正做好工作,保证百年大计。

将近一个世纪以来,国内外工程实践给我们遗留大量有关混凝土施工、工艺和材料方面的知识。但是应该说,在一定程度上这仍然是一门经验科学(感性认识),其中充斥众多经验公式和经验法则。由于种种时空的局限,其预见性比较有限;人们不得不经常对公式和法则进行修正,十分被动。

上述情况和当代材料科学的要求存在一定差距,并且也明显落后于金属和陶瓷、塑料等学科。当代基础科学研究已经有可能对于材性进行较严密的理论分析。在认真研究材料组分、结构的基础之上,深入阐明结构与性能之间的相互关系,进而逐步做到按指定性能设计和制造材料。这是当代材料科学发展的总趋势,也是混凝土材料科学必然要走的道路。混凝土学科今后应在当代基础科学的理论指导之下,对于材性采取有物理根据的,比较理论化的分析手法,以期建立普适规律取代传统的经验法则。这是我们混凝土界的艰巨任务。本书中有些例证说明,在理论帮助之下,早在人们动手试验之前,已经可能对试验结果做出定性的、甚或定量的、接近实际的预测。这些基础科学的切入点,即其可能对学科发展做出突出贡献的地方,正是作者最感兴趣所在。

传统的混凝土研究是建立在纯粹的现象学手法、基础之上,自从当代结构分析领域中引用计算机和软件程序以来,人们开始感到需要“现实的材料规律”;而复杂、现实的材料规律也只有在今天,才有可能被使用。1987年国际知名的混凝土学者 F. H. Wittmann 教授指出:传统上材料研究常通过理论和实验两个方面进行,今天需要把数值分析和模拟增补作为第三个分支。如果能把实验、理论和数值分析三者有效地结合起来,那么,在材料科学新概念的基础之上,就可以阐明现实、复杂的材料规律。今天已很明显:传统手法十分受局限,遵循这一条路,是不可能期望取得真正的进展的^[1]。

作为数值法的应用领域,Wittmann 等人指出:混凝土徐变与收缩研究、裂缝传播与破坏,表皮层成分和性质差异的分析等都是重要课题;并且有“数

[1] F. H. Wittmann. Modern materials science contributes to a better understanding of the complex behavior of concrete. *Mat. and Struc.*, 1987, 20: 163~164

值混凝土”的提法,指的就是对于混凝土复合结构现实模拟的数值模型。由于混凝土本身结构上的异质性及众多过程、各种机制的交叉,混凝土的行为表现极端复杂,相互关联,难以预测;单纯使用实验手段,有时几乎不可能弄清各种机制及其相互关系。稍微说具体些,譬如混凝土所有性质都和含水率有关,首先必须确定混凝土体内含水率的空间分布,及其作为时间的函数。人们也只有确切了解了含水率分布之后,才能为混凝土体内每一点,确定相应的材性。材料的宏观性质显然是由所有“点性质”的整体相互作用所决定的;应该理解,只有像不受约束的收缩这样的点性质才是真正的材性。这一事实恰恰常被忽略。点性质不可能直接由实验测定,需要由严谨的数值分析取代;含水率分布也只能由数值计算确定。混凝土中许多复杂现象、因素在数值混凝土方法中,都很容易考虑进去,得到解答^[2,3]。

几十年来我国学术界对于国外著作的翻译做了不少工作,有关混凝土材料方面的读物也颇有一定数量;但认真考察似乎还存在一些问题。譬如说,关于水泥知识的介绍较多,而对混凝土本身似乎谈的少些;另外,对个别专题阐述多些,但全面综合介绍学科的读物又较少见。我们觉得:当前广大读者更迫切需要一些基础、入门之类的读物;从其总体上应保证一定的广度和深度,能保证必要的理论素养,并追踪国际上最新研究成果。希望看到:对于作为复合材料的混凝土,其本身固有矛盾及特定规律,能进行更深入、认真的剖析。

对于混凝土材料进行理论解析,早年已有先驱学者做过探索,如美国 R. E. Carlson 及英国 A. D. Ross 曾对混凝土的传热扩散做过推导和解析。1947 年 T. C. Powers and T. L. Brownyard 发表了关于水泥净浆结构及物理性质的研究,运用物理-化学知识剖析问题,令人耳目一新。近年基础科学发展,测试手段进步,又加工工艺上的进展,混凝土本身组分和品种日益多样化,学科内容大大丰富起来。一些传统试验、新拌混凝土的变形、流动等课题,开始用流变学理论审查;数值模拟、统计手法逐渐用到混凝土材料领域中;微观结构的研究把混凝土破坏作为进展性、逐步的损伤过程来考察;抗冻机制及试验方法的研究也在进行中;对于骨料几何这种难以捉摸的性质进行了认真探讨,以期把它最终驾驭,并纳入定量化及数值模拟的轨道……种种方面,不一而足,都有不同程度的进展。

近年新兴边缘科学分形(Fractal)的概念在水泥和混凝土领域也开始试用。人们一向熟悉的材料常数也开始从热力学角度审查,指出了传统手法中把热学-力学效应解耦(分开)处理的不妥。

本书编排体现了作者对于混凝土材料科学体系的认识,也大致反映了

[2] P. E. Roelfstra, H. Sadouki et F. H. Wittmann. Le beton numerique. Mat. and Struc. 1985, 18 (107): 327~335

[3] Carolyn M. Hansson. Concrete: The advanced industrial material of the 21st century. Metallur and Met Trans A. June, 1995, 26 A: 1321~1341

本人所理解的当代混凝土学者应有的素养。第一章讨论新拌混凝土的工作性,这是作为在现场工艺制做的混凝土特有的问题;书中讨论了工作性综合、复杂、变动不居的内涵。第二章介绍流变学研究、应用现状;这是工作性研究自然的延伸和发展,向材料科学靠拢的必由之路。

强度问题的讨论用了较多篇幅。第三章首先完整介绍强度试验的理论基础,以保证实用的需要。第四、第五两章介绍统计学说、手法及断裂、损伤的基本概念,以及当代对此等经典学说的反思、事物的扬弃(Aufheben)等。深入研究这些课题不是本书任务,也不是全书篇幅所能包容穷尽的,所以只能浅尝辄止,但对初学者还是必要的。

强度以后本该论述若干专题,书中只在第六章讨论了抗冻性一个题目;这是对于寒冷地区,北半个中国具有巨大现实意义,并且迫切需要理论指导的课题。至于徐变、收缩及碱-骨料反应等,因为篇幅关系,并且一般文献已有较多记述,就不收录了。

第七章介绍骨料几何性质,这是作者对骨料独特作用的肯定。可以指出:砂石骨料性质是混凝土材性研究中最薄弱的环节。问题在于:砂石粒形、粒径、粗细分布等等说不清、道不明的性质,其本身首先无法明确界定(定义),随之而来的是没有适当方法去度量,评定;再其次当然谈不到性质的“量化”、“数值化”。所以,历来试图在砂石特性和混凝土性质之间建立任何定量关系,都是不成功的。有关骨料问题的研究,一直停留在含糊、定性的描述水平;历来处理这个问题似乎只有一个级配曲线维持局面。我们说混凝土材料研究落后。之所以落后,恰恰来自砂石研究的落后。该章所介绍天然骨料几何形状的模拟,以及把图形识别技术和分形理论结合,用以表征粒形的做法,都颇具创见。又“骨料性质乃是统计意义上存在的特征分布”观点的提出,也发人深省;近年发表的《级配骨料的分形效应》的探索,也是有价值的尝试。这些拓荒工作将给骨料问题的解决带来巨大机会、信心和活力,必将为混凝土材料科学的繁荣做出贡献。最后第八章是对超塑化剂、硅粉使用和有关问题的简要介绍,这些问题对于当代混凝土工艺显然十分重要。此处仅限于对HSC(高强混凝土)及HPC(高性能混凝土)制作中潜在的基本原则做一说明。

作者愉快地指出:本书各章节中已收录、报道了我国专家、学者的研究成果达十余项之多。中国人有能力和信心,当仁不让。

本书属于编著性质,大量选用外文资料,主要参考国际上多种权威性专业期刊,取材约截止到2000年春夏之间。行文叙述并非简单翻译,实际是在掌握原著精神实质的基础之上,经过综合、剪裁和整理、消化的功夫后,摘其精要,对素材加工改写的“再创作”。在文字表达上,考虑到国内读者的愿望和需要,力求通俗、晓畅,避免西式翻译语言。

本书读者对象首先着眼混凝土专业研究人员及高校年轻师生等。现场工地广大工程师和实验技术人员也能从中得到收益;当然,他们进修提高的重点、具体安排和要求应该有所不同,更多体会问题的实际方面。

本书承蒙中国标准出版社热心支持,大力组织出版,使它终于问世,和读者见面,令人欣慰。对于中国标准出版社对学术工作的真诚关怀与支持,作者在此表示由衷的感谢和敬佩!本书承中国建材科研院徐永模博士赐序,光辉篇幅,实深感谢!

混凝土材料学博大精深,牵涉多门基础科学;以作者实际水平评述各家学说,深感吃力,或还不免谬误。文中所谈各种原则实际是对个人工作的期许,并非已经做得很好;愿和国内学术界同仁共勉,并切盼听到各方面的批评、指正!

是为序!

编者 徐定华 天津大学 土木系
徐敏 防化指挥工程学院 化学防护系
2001年10月1日

目 录

第一章

混凝土工作性的概念、评定与稠度预估

1.1 绪言	1
1.2 工作性的概念	1
1.2.1 通常的定义	1
1.2.2 作为综合、相对、复杂概念的工作性	3
1.2.3 推荐名词使用方案	4
1.2.4 工作性分解与分析	4
1.2.5 实用、综合、经验性做法	5
1.3 工作性测量方法	5
1.3.1 概述	5
1.3.2 坍落度述评	7
1.3.3 重塑试验及其变体	8
1.3.4 自充填性评价	10
1.3.5 目测观察综合判断	13
1.3.6 单点试验的局限性	13
1.4 混凝土拌和物稠度预估	15
1.4.1 独立假设及 K-程序	15
1.4.2 稠度的理论计算	16
1.4.3 基本试验事实备忘	19
1.4.4 需水量公式示范举例	20
1.4.5 续需水量关系估算	22
1.5 混凝土配合比设计工作展望	26
1.5.1 关于水灰比参数的考虑	26
1.5.2 神经网络的应用	27
1.5.3 对于混凝土现场工地应有的关怀	27
参考文献	31

第二章

水泥净浆与新拌混凝土流变学研究现状

2.1	绪言	33
2.2	基础知识概念	33
2.2.1	流变学基本单元	33
2.2.2	流动曲线(或稠度曲线)	34
2.2.3	触变性	35
2.2.4	反触变性	35
2.2.5	剪胀	36
2.3	流变参数测定方法	37
2.3.1	同轴回转圆筒粘度计	37
2.3.2	回转圆筒粘度计设计要领	39
2.3.3	其他粘度计测定方法	40
2.3.4	平行板压缩试验	42
2.3.5	弹塑性测定及其他	43
2.4	水泥净浆流变研究现状	45
2.4.1	恒定剪切速率下的结构破坏	45
2.4.2	可变剪切速率下的典型曲线	47
2.4.3	各种因素的影响	48
2.4.4	流动曲线进一步探讨	48
2.5	新拌混凝土流动曲线研究及近年发展	52
2.5.1	混凝土流动曲线(V. Ukraincik 研究)	52
2.5.2	回转圆筒粘度计中流速分布实测	54
2.5.3	G. H. Tattersall 工作性测试仪及其改进	55
2.5.4	混凝土流变与水泥净浆流变的联系	57
2.6	粘度方程式	58
2.6.1	A. Einstein 粘度方程式	58
2.6.2	水泥净浆的粘度	59
2.6.3	砂浆及混凝土的粘度	60
2.7	新拌混凝土性质的流变学分析	61
2.7.1	坍塌度分析(自重所导致变形实例)	61
2.7.2	黑川等扩大坍塌度及坍塌-流动试验	63
2.7.3	各种流动性试验分析	63
2.8	新拌混凝土液性的模拟方法	64
2.8.1	粘塑性有限元法(VFEM)	65
2.8.2	粘塑性划分空间元素法(VDEM)	68
2.8.3	粘塑性悬浮元素法(VSEM)	69

参考文献 71

第三章

混凝土强度试验的理论基础

3.1 绪言 74

3.2 抗压试件内部应力分布 74

 3.2.1 端头完全受约束情况 74

 3.2.2 端头有限摩擦情况 78

 3.2.3 进展性破坏过程中应力分布的变化 79

3.3 试件高宽比对抗压强度的影响 82

 3.3.1 影响区、自由区及试件侧向变形 82

 3.3.2 试件比较及强度换算 84

3.4 端头约束条件 86

 3.4.1 端头摩擦力分析 86

 3.4.2 关于加荷垫板与各种改进 86

 3.4.3 衬垫材料 89

3.5 试验机的影响 91

 3.5.1 球座的影响 91

 3.5.2 偏心率的影响 92

 3.5.3 试验机刚度的影响 94

 3.5.4 试验速度的影响 95

3.6 尺寸效应 98

 3.6.1 现象概述 98

 3.6.2 理论解释 100

 3.6.3 能量释放导致的尺寸效应 102

 3.6.4 尺寸效应规律 102

 3.6.5 几何异质度的影响 105

参考文献 108

第四章

统计模型及随机过程学说的应用

4.1 绪言 112

4.2 最薄弱环节学说及其应用 113

 4.2.1 基本概念与数学表达式 113

 4.2.2 应用实例 116

 4.2.3 当代又一应用实例 119

4.2.4 评述	123
4.3 纤维束学说及其发展	124
4.3.1 纤维束概念与基本公式(The Bundle Concept)	124
4.3.2 应用实例(D. W. Hobbs 的并联模型)	126
4.3.3 并联模型的另一种形式(Pareto 分布)	128
4.4 串联模型的随机过程学说(堀素夫学说)	133
4.4.1 转移概率密度函数	133
4.4.2 叠加原则	134
4.4.3 静力强度的理论分布	134
4.5 并联模型的随机过程学说	135
4.5.1 永松理论介绍	135
4.5.2 永松理论的应用	138
4.5.3 作为特例的二阶段随机过程理论	140
4.5.4 谷川理论介绍	141
4.5.5 谷川理论的应用	143
4.6 三桥博三的随机过程统一理论	145
4.6.1 基本假定及理论公式推导	146
4.6.2 材料缺陷(内部构造)对强度的影响	151
4.6.3 推论	155
参考文献	158

第五章 若干新动态

5.1 绪言	161
5.2 断裂力学基本概念	162
5.2.1 材料瑕疵与 A. A. Griffith 学说	162
5.2.2 应力强度因子	166
5.2.3 骨料对裂缝传播的抑制作用	168
5.3 关于损伤力学	173
5.3.1 若干基本概念	173
5.3.2 W. K. Yip 的混凝土损伤变量及其运用	175
5.4 非平衡与不可逆固体热力学简介	178
5.4.1 问题的提出、缘起	178
5.4.2 体积能	179
5.4.3 表面能	182
5.4.4 等能密度函数	184
5.5 Arrhenius 公式及其在混凝土业务中的应用	185
5.5.1 速度过程理论	185

5.5.2	作为应力依赖性速度过程的断裂现象	186
5.5.3	玻璃断裂模型借鉴	187
5.5.4	Arrhenius 公式在成熟度概念中的应用	188
5.6	分形理论与应用	190
5.6.1	缘起、介绍	190
5.6.2	分维介绍及实验测定	191
5.6.3	若干有规分形(病态几何图形)	193
5.6.4	混凝土抗拉强度及断裂韧性重正化(Renormalization)	196
5.6.5	中科院的分形粒度分布	198
5.6.6	水泥和混凝土领域中试用	199
参考文献		202

第六章

混凝土抗冻理论

6.1	绪言	205
6.2	可冻水	206
6.2.1	可冻水与不冻水	206
6.2.2	毛细孔尺寸对冰形成的限制	208
6.2.3	形成冰量实测	209
6.2.4	冻融过程中的胀缩表现	212
6.3	饱和系数概念及其发展	215
6.3.1	饱和系数评述	215
6.3.2	密闭不透水容器模型	216
6.3.3	G. Fagerlund 的“抗冻度”	217
6.3.4	临界饱和度论证及其确定	219
6.3.5	实际饱和度确定方法	221
6.4	T. C. Powers 总结的几种冰冻机制及其应用	221
6.4.1	水压力学说	221
6.4.2	间距因数(\bar{L})还是平均间距(\bar{S})	224
6.4.3	显微规模析冰(渗透压或结晶压力学说)	228
6.4.4	宏观规模析冰(冻胀现象)	230
6.5	冰冻机制补充	231
6.5.1	G. G. Litvan 学说(运动受阻碍机制)	231
6.5.2	M. J. Setzer 描述冰冻作用的热力学方法	232
6.5.3	B. V. Enüstün 论述混凝土的冰冻感受性	233
6.6	骨料对混凝土抗冻性的影响	234
6.6.1	骨料颗粒的临界尺寸与临界饱和度	234
6.6.2	骨料达到临界(危险)饱和度所需时间	235

6.6.3 不同的说法	236
6.7 现行试验方法和应有的认识	236
6.7.1 冻融循环试验剖析	236
6.7.2 可能的改进做法	238
6.7.3 现行试验方法和规定	239
参考文献	241

第七章

混凝土骨料的几何性质

7.1 绪言	244
7.2 骨料粒形与粒径的表征	244
7.2.1 圆度、球度与颗粒表面组织	244
7.2.2 天然骨料几何形状的模拟	247
7.2.3 以分形为基础的骨料粒形的定量分析	250
7.2.4 使用数字图像处理技术的粒形分析方法	253
7.2.5 粒径的表征	255
7.3 级配的数字表征	256
7.3.1 骨料级配的统计描述	256
7.3.2 後藤的混合骨料实积率推算(级配参数应用实例)	260
7.3.3 单粒级各种特征值	262
7.3.4 细度模数剖析	264
7.3.5 比表面积介绍	266
7.4 级配曲线	268
7.4.1 理论级配曲线	268
7.4.2 墙壁效应(边界效应、皮层效应)	271
7.4.3 不连续级配分析(圆球模型)	273
7.4.4 Weymouth 颗粒干扰学说	276
7.5 骨料级配的分形效应	279
7.5.1 骨料粒径分布的分形	280
7.5.2 级配的分形	280
7.5.3 体积分形与空隙率计算	281
7.5.4 表面积分形与比表面积计算	282
7.5.5 分形体积与分形表面的数学模型	282
7.5.6 唐明改进的建议	283
参考文献	283

第八章

高性能混凝土的基本知识

8.1 概述	286
8.2 超塑化剂的作用与选择	287
8.2.1 散凝、分散机理.....	287
8.2.2 水泥-超塑化剂的“协调匹配”问题	288
8.2.3 工作性损失	289
8.3 超塑化剂剂量和有关问题	290
8.4 硅粉使用和有关问题	291
8.4.1 附加胶凝材料、水灰比和水料比.....	291
8.4.2 骨料强度的限制作用	291
8.4.3 硅粉混凝土长期强度的外观减退	292
8.5 显微填充料对增强混凝土的作用	293
8.5.1 真正复合体的强度表现	293
8.5.2 掺碳黑混凝土和水泥净浆的增强效应	294
8.5.3 硅粉和碳黑影响的比较	295
8.6 混凝土中硅粉活性的实验研究和理论模型化	296
8.6.1 水化产物的确定和反应的化学计量关系	297
8.6.2 最终产物的定量化	297
8.6.3 最终空隙体积估计	298
参考文献	299

第一章

混凝土工作性的概念、评定与稠度预估

1.1 绪 言

混凝土拌和物的工作性是混凝土工艺一项重要内容。工作性研究之所以必要,据 T. P. Tassios and A. M. Neville 的说法有三个目的:1. 特殊目的配合比设计所需要;2. 在拌和物生产过程中提供一种控制方法;3. 有效利用,甚或改善振动,泵送及挤出等加工过程。T. C. Powers 还有下列说法:“正确评定拌和物工作性能,提供科学的指标,作为研究,比较外加剂和砂石级配性能等研究工作的依据。”这就是说:如果对于工作性没有充分的理解,就不可能提出合理的评比指标,有可能导致错误结论。

混凝土工作性的概念,如果仅局限于工程的实际应用来理解,还是比较简单的,但对于混凝土材性研究来说,对于这样一种含义模糊,内容不很确切的独特性质,却有端正认识、加强理解的必要。本章先从澄清工作性概念开始,然后谈到工作性测量方法。这部分虽然也有综述、备忘的意思,但作者力图勾划、强调的乃是各种试验的本质、特点和局限性,它们分别突出工作性的哪些侧面。随后谈到了混凝土稠度预估,这是混凝土配合比设计中最难处理,而理论又最薄弱的部分,却也是最实用的部分。全章末尾对于混凝土配合比设计工作略做展望,作为落实有关稠度讨论的归宿。关于离析和泌水问题,本也是工作性内容的组成部分,这里暂缺。

1.2 工作性的概念

1.2.1 通常的定义

T. C. Powers 对工作性的提法是:“塑性混凝土拌和物决定其浇灌难易,与对离析抵抗程度的性质,包括流动性与粘聚性两者的综合效应。”^[1-2]英国 Glanville, Collins and Matthews 1947 年提出:“工作性是决定产生完全密实所需要‘有用内功’数量的混凝土性质”,明确了“有用内功”作为对浇灌成型难易的定量测度。

前苏联 В. И. Сорокери В. Г. Довжик 提出:“所谓工作性是混凝土拌和物工艺性质的综合,代表它在机械外力作用下填充模型,并在其中密实化的能力。”Б. Г. Скрамтаев 结合普通成型方法,区分搅拌、输送、浇捣、振动各工序的要求,做了细致注解,仍归结为“流动性+粘聚力”的公式。国内教本因循这种说法,有时也将“保水性”单独列出。

各国学者历年提出了大同小异的公式。例如 P. Hallstrom(1955 年)提出:

稠度(工作性同义语)=稳定性,凝聚性,液性及流动性

[Consistence (workability)=Stability, Coherence, Fluidity and Mobility]

K. Newman 1960 年的提法如下(A. G. B. Ritchie 也同意此说):

工作性=易密性,流动性,稳定性,及终饰性能

[Workability=Compactability, Mobility, Stability and Finishability]

O. J. Uzomaka (1970 年)的提法是:

工作性(稠度)=易密性,摊铺性能及稳定性

[Workability:consistence]=Compactability, Spreadability and Stability]

此式第一项指孔隙的减少,第二项意味改变形状的时间,第三项即均匀粘聚性。我国黄大能 1981 年的提法与这些相近^[3]。

日本岩崎训明说(1975):“为了表示未固结混凝土的性质要使用下列术语”:

稠度——主要由加水量多少所决定软硬程度表示的性质;

工作性——表示由稠度所决定的浇灌难易及抵抗材料分离程度的性质;

可塑性——容易填充模型,在模型取去后缓慢变形坍下的同时,材料不分离的性质;

终饰性能——由粗骨料最大粒径,含砂率,砂子粒度及稠度等所决定的容易终饰,抹面的性能。

P. S. Roller(1942 年)将砂浆的工作性分解为四个组分如下^[4,5]:

(1) 可塑性——工作性的主要因素,就是将砂浆摊铺到指定厚度所需要的压力或“功”。

(2) 变形的连续性——反过来说就是塑料流动时的断裂的趋势。许多砂浆在发生一定程度塑性流动后将会断裂,某一指定变形(如试件厚度)很可能从未达到就被迅速越过去了(图 1-1 中 I 曲线)。

(3) 塑性流动停止的趋势——砂浆如果硬化,塑性流动停止,即使压力增加也不再可能继续变形。塑性的停止是分散体系常见的现象;在砂浆情况,它的产生不是由于水泥过早硬化,而是由于颗粒机械排列造成密集结构的缘故(图 1-1 中 III 曲线)。

(4) 保水性——在边界吸水底面的吸力作用下保持拌和水的能力。

以上四个因素中,在某一种具体情况下可能只有一项突出,成为工作性的决定因素。为了克服一种缺陷,人们在改变条件之后可能会发现:在别的方面又出现问题。P. S. Roller 的分析对于理解混凝土的工作性是有帮助的。

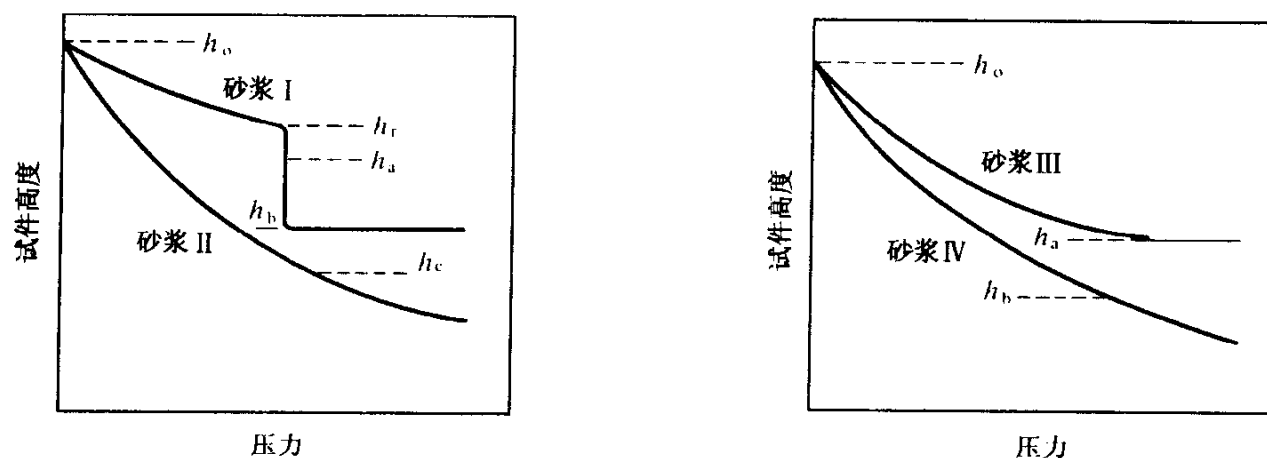


图 1-1 砂浆塑性流动中几种情况

I 塑流中砂浆断裂某一厚度从未达到即被越过; II 稳定加压连续变形; III 颗粒密集排列塑流停止