

交通部水运工程试验检测技术培训教材

混凝土及构件试验检测

Hunningtu Ji Goujian Shiyan Jiance

宣国良 主编
谢耀峰

人民交通出版社

交通部水运工程试验检测技术培训教材
混凝土及构件试验检测

宣国良 谢耀峰 主编

版式设计:周 园 责任校对:尹 静 责任印制:

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 插页: 字数: 千

2000 年 7 月 第 1 版

2000 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷 总第 1 次印刷

印数:0001-3000 册: 定价:27.00 元

ISBN 7-114-03722-8

U·02696

内 容 提 要

本书主要讲述了水工混凝土拌和物的和易性硬化混凝土的强度和耐久性的常规试验检测方法,砂浆的技术性质及试验检测方法及预应力钢绞线、锚夹具的试验检测;对结构混凝土缺陷及强度进行检测评估的非破损检测方法,包括回弹仪法、超声波法、超声一回弹综合法检测及取芯法检测等。本书适用于从事水工混凝土试验检测的技术人员,也可供现场施工技术人员参考。

编写说明

建筑工程的质量问题是关系到国家人民生命财产安危的千年大计。在改革开放和市场经济条件下,建筑市场必须严格按规定的法制轨道办事,严把质量关特别重要。根据一切用数据说话的原则,对建筑用原材料、构、配件及建筑物本身进行科学的试验和检测,是证明建筑物质量状况优劣的最具权威的依据。无论是建设单位、施工单位,还是质量监督部门都必须注重试验和检测工作。

交通运输事业是国民经济的一个重要组成部分,它在生产、流通和消费诸环节中起着极其重要的作用。水运具有量大、价廉、安全的优势,在大宗货物的运输方面,特别是在洲际外贸运输方面更是一枝独秀。因此,水运是现代交通的重要组成部分。

水运工程多在海上和河流中施工,施工时需要的船机设备较多,条件艰苦,季节性强,影响因素复杂,一旦造成质量事故后损失巨大,而返工、返修、善后处理又很困难。所以作为建设单位、施工单位、监理单位和上级主管部门都把质量控制放在十分重要的地位。重庆市綦江县彩虹桥倒塌的事件在建筑行业引起了极大的震撼。加强质量管理和监督,防止不合格建筑产品交付使用,科学地做好各种试验检测是必不可少的基本工作。

水运工程的试验检测工作融专业知识和操作方法于一体,具有较强的理论性和实践性。为了大面积地提高试验检测人员和管理人员的技能和素质,交通部工程建设质量监督总站计划对有关从业人员进行全面培训,主要对象是中专(高中)以上学历,从事试验检测和管理工作的有关人员。为了使培训工作顺利地进行,特成立了水运工程试验检测技术培训教材编委会,由交通部当时的工程建设质量监督总站站长苏秉坤任教材编委会主任,并委托原南京交通高等专科学校组织编写全套培训教材,具体由港航系(现东南大学交通学院港航系)实施。1997年7月在江苏省交通厅召开了由中港一航局、二航局、三航局、四航局港湾工程试验检测中心、河海大学、重庆交通学院、长沙交通学院等单位的有关专家教授参加的教材编写大纲审查会,并通过了教材编写大纲。1998年3、4月份,根据教材编写大纲,各门课程的讲义都陆续编写完成并使用。现在出版的这套教材是在多期培训班试用的讲义基础上,两次请有关专家评审,并吸收了培训班举办单位和广大学员的意见进行了增删修改而成的。

根据交通部建设工程质量监督总站的意见,现先出版《土工试验及地基承载力检测》、《混凝土及构件试验检测》、《水运工程试验检测概论》、《原材料质量检测》等四本。

1.《土工试验及地基承载力检测》,包括土工基础知识,常规土工试验,常用地基处理方法,地基承载力的原位测试。由周福田、朱志铎、经绯、顾春光编写,周福田任主编。秦皇岛港湾工程质量检测中心赵敏成、南京水利科学研究院盛树馨审阅了本书。

2.《混凝土及构件试验检测》,上篇混凝土及构件试验检测包括了水泥混凝土拌和物的和易性、硬化混凝土的强度及耐久性、砂浆技术性质、预应力钢绞线锚夹具等的常规试验检测;下篇为混凝土非破损检测技术。全书由宣国良、谢耀峰任主编。天津港湾工程质量检测中心吴岳清,武汉港湾工程质量检测中心吴继光、大连理工大学王清湘审阅了上篇,天津港湾工程质量检测中心龚景齐、刘亚平审阅了下篇。

3. 《水运工程试验检测概论》,包括试验检测的规范性管理,试验检测的基本要求,实验室的运作,试验检测程度,质量管理和试验检测中数据处理等方面的基本概念和方法。由陈一梅、吴岳清编写,陈一梅任主编。天津港湾工程质量检测中心黄孝衡、武汉港湾工程质量检测中心王颖异、大连理工大学胡立万审阅了全书。

4. 《原材料质量检测》,对各种原材料(包括水泥、混凝土的粗细骨料、钢筋、钢丝、钢绞线、其他钢材、混凝土外加剂及掺合料混凝土拌和用水、石料、土工合成材料及修补材料)的试验检测工作做了详细的说明,由蔡宁生、黄孝衡编写,蔡宁生任主编。上海港湾工程设计研究院陈慧英、南京水利科学研究院方璟、广州港湾工程质量检测中心周庆华审阅了全书。

这套教材的编写、出版得到了交通部工程建设质量监督总站、原南京交通高等专科学校港航系、成教部、教务处和人民交通出版社的大力支持。东南大学交通学院港航系周福田对教材的编写、出版做了大量的组织工作,并对全套教材进行统稿。承江苏省交通厅质量监督站解先荣高级工程师审阅了这套教材,提出了不少宝贵意见,在此表示十分感谢。本书不足之处在所难免,恳望读者指正。

2000 年 4 月

前 言

随着我国国民经济的持续发展,国家基本建设的投资越来越大,对工程的质量要求也越来越高。为做好水运工程的试验检测工作,确保工程质量,交通部质监总站要求对水运工程的试验检测人员进行全面培训。本教材是根据 1997 年 7 月在南京召开的交通部水运工程试验检测技术培训教材的编写大纲审查会审查通过的编写大纲编写的。在水运工程中,几乎所有的工程建设项目都离不开水泥混凝土这一复合材料,混凝土质量的好坏直接影响到工程竣工后的安全运行和使用年限。这就要求承包商严格按施工规范施工,对进场的各项原材料、配合比和施工过程进行经常性的试验检测,杜绝不合格工程。混凝土非破损检测技术,既适合于工程施工过程中混凝土的质量检测,又适合于工程的竣工验收和建筑物使用期间混凝土质量的检定。水泥混凝土的试验检测工作在工程建设中非常重要,试验检测人员肩负的责任十分重大。现有的试验检测人员理论水平和实践经验参差不齐,因此对试验检测人员进行技术培训极为必要。

本教材分为上、下两篇,上篇为水泥混凝土基础知识,水泥混凝土、砂浆的常规试验及水工沥青混合料主要技术性质和测试;下篇为水泥混凝土的非破损检测方法。全书由宣国良和谢耀峰任主编,具体编写分工为上篇第一至第五章由宣国良编写,下篇第六章至第十章由谢耀峰编写。天津港湾工程质量检测中心吴岳清、武汉港湾工程质量检测中心的吴继光、大连理工大学王清湘审阅了上篇,天津港湾工程质量检测中心龚景齐、刘亚平审阅了下篇混凝土非破损试验。他们对教材提出了很多宝贵的建议,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,缺点和错误仍在所难免,万望读者指正。

编 者

2000 年 4 月于南京

目 录

上篇 混凝土性能试验检测

第一章 水泥混凝土基础知识.....	(1)
第二章 水泥混凝土.....	(8)
第一节 水泥混凝土拌合物性能测试.....	(8)
第二节 水泥混凝土强度及变形试验检测	(19)
第三节 水泥混凝土耐久性	(30)
第四节 水泥混凝土施工过程中的质量检测	(35)
第五节 用快速测强法推定水泥混凝土 28 天强度.....	(38)
第六节 试验资料的整理分析	(44)
第三章 砂浆	(47)
第一节 砂浆的技术性质及试验检测方法	(47)
第二节 砂浆的配合比设计	(52)
第四章 水泥混凝土构件外观质量的检测	(55)
第一节 水泥混凝土构件的一般表面缺陷	(55)
第二节 混凝土构件(和建筑物)外观形状尺寸检验	(56)
第三节 预应力构件及钢绞线和锚(夹)具的试验检测	(61)
第五章 水工沥青混合料	(71)
第一节 水工沥青混合料的主要技术性质及评定方法	(71)
第二节 水工沥青混合料主要性质的测试方法	(73)

下篇 混凝土非破损检测技术

第六章 混凝土非破损检测技术概述	(84)
第一节 概况	(84)
第二节 常用非破损检测方法	(85)
第三节 非破损检测技术的适用范围	(85)
第七章 回弹仪法检测技术	(88)
第一节 概况	(88)
第二节 回弹仪简介	(89)

第三节	混凝土测强曲线的建立	(92)
第四节	现场测定方法	(94)
第五节	回弹仪保养与检定,常见故障及其排除方法	(98)
第八章	超声波检测技术	(100)
第一节	概况	(100)
第二节	超声波的基本概念	(100)
第三节	超声波检测设备	(106)
第四节	混凝土超声波检测声学参数测量技术	(113)
第五节	超声波探测混凝土的强度	(119)
第六节	超声波检测混凝土缺陷	(123)
第七节	超声波检测混凝土裂缝	(133)
第九章	超声一回弹综合法检测混凝土强度	(139)
第一节	概述	(139)
第二节	检测影响因素	(139)
第三节	测强曲线	(141)
第四节	工程检测的基本要求	(143)
第十章	取芯法检测混凝土强度	(145)
第一节	概述	(145)
第二节	取芯设备	(146)
第三节	取芯技术及注意事项	(148)
第四节	芯样加工及端面修整	(152)
第五节	芯样试件抗压强度试验及强度计算	(153)
第六节	取芯法测定混凝土抗冻性	(154)
第七节	取芯法测定混凝土抗渗性	(155)
附	混凝土强度的合格判定	(157)
参考文献		(159)

上 篇

混凝土性能试验检测

第一章 水泥混凝土基础知识

水泥混凝土是以水泥为胶凝材料,与水和集料按适当比例配合拌制成拌和物,经硬化后得到的人造石材。新拌和的混凝土,称为混凝土拌和物。

一、水泥混凝土的分类

1 按水泥混凝土表观密度大小可分为:

(1)重混凝土 干表观密度大于 2500kg/m^3 的混凝土。它是用特别密实和特别重的集料制成的,具有防射线的能力。

(2)普通混凝土 干表观密度在 $1950 \sim 2500\text{kg/m}^3$ 的混凝土。它是用天然的砂、石作集料制成的混凝土。是土木建筑中最常用的建筑材料之一。

(3)轻混凝土 干表观密度小于 1950kg/m^3 的混凝土。它又可分为三类: 轻骨料混凝土,其表观密度在 $800 \sim 1950\text{kg/m}^3$ 之间; 多孔混凝土,其表观密度在 $300 \sim 1200\text{kg/m}^3$ 之间; 大孔混凝土。

2 按水泥混凝土的功能可分为:

(1)结构混凝土;

(2)防水混凝土;

(3)耐热混凝土;

(4)耐酸混凝土;

(5)防射线混凝土等。

二、水泥混凝土的组成及各组成材料的作用

普通水泥混凝土由水泥、水、砂及石子四种主要材料组成。如水泥混凝土有特殊要求时,还需掺加外加剂。在材料组成中,水泥和水成为水泥浆、砂为细集料,石子为粗集料。水泥浆填充砂子间的空隙并包裹在砂粒的周围形成砂浆,砂浆又填充石子间的空隙,并把石子颗粒包裹起来。在混凝土拌和物中,水泥浆在砂、石颗粒之间起着润滑作用,使混凝土拌和物具有施工所需要的流动性。硬化后的水泥浆形成水泥石,将集料牢固地胶结成一个整体。集料在混凝土中起骨架作用,并可减少混凝土的体积变形。

外加剂的作用与其功能有关,有的可显著提高混凝土的和易性或强度;有的可显著提高混

凝土的耐久性;有的可显著提高混凝土的早期强度;有的可显著改变混凝土拌和物的凝结时间等等。

三、水泥混凝土的基本要求

工程中所使用的混凝土,必须满足以下基本要求:

- 1 混凝土拌和物应具有一定的和易性,便于施工时浇筑振捣密实,并能保证混凝土质量的均匀性。
- 2 混凝土经养护到规定龄期,应达到设计要求的强度。
- 3 硬化后的混凝土应具有相应于所处环境条件下的耐久性,如抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性及抗冲耐磨性能等。
- 4 在保证混凝土质量的前提下各项材料的组成应经济合理,尽量节约水泥以降低成本。此外,对大体积混凝土,尚须考虑低热性的要求。

四、几个名词解释

- 1 混凝土强度——是指混凝土材料抵抗外力破坏的能力。
- 2 混凝土耐久性——是指混凝土材料在所处环境中,受到物理的、化学的、生物的作用而经久不易破坏也不易失去其原有性能的性质。
- 3 水灰比 $\frac{W}{C}$ ——是指水与水泥之间的对比关系。水灰比的变化会显著影响混凝土的强度和耐久性。
- 4 砂率(S_p)——是指砂子质量占到砂、石总质量的百分比,它反映了砂子与石子间的对比关系。
- 5 合理砂率——是指在用水量和水泥用量一定的条件下,能使混凝土拌和物获得最大的流动性且能保持良好的粘聚性和保水性的砂率。
- 6 单位用水量——是指每立方米混凝土的拌和用水量,它反映了水泥浆与集料之间的对比关系。
- 7 级配——是指集料中不同粒径的颗粒的组合情况。
- 8 最佳级配——是指不同粒径的颗粒集料组合后,其空隙率最小(或堆积密度最大)、总表面积最小的集料级配。

五、普通水泥混凝土配合比设计

混凝土配合比是指混凝土中水泥、水、砂及石子四种材料用量之间的比例关系,混凝土配合比设计的任务,就是要合理地确定各项原材料间的比例关系,使所得的混凝土能满足强度、耐久性及和易性等技术要求,并尽量节约水泥降低工程造价。

(一)混凝土配合比参数的确定原则及方法

混凝土中各项原材料间的比例关系可用三个参数表示,这三个参数是: $\frac{W}{C}$ 、 S_p 和 W 。正确地确定这三个参数就能使混凝土满足各项技术经济指标,现将确定三个参数的原则和方法分述如下。

1 确定水灰比的原则和方法

确定水灰比的原则是:在满足强度和耐久性要求的前提下,尽可能选用较大的水灰比,以

节约水泥。

确定水灰比的方法如下：

(1)满足强度要求的水灰比，可根据本工程所建立的混凝土强度与水灰比关系曲线或关系式可得。若尚未建立本工程的关系曲线或关系式，可按下式初步选定：

$$R_{28} = 0.525 R_{灰} \frac{C}{W} - 0.569$$

(1-1)

式中：R_灰——为水泥标号；
R₂₈——28 天龄期的混凝土立方体试件抗压强度。

应当注意：无论是从关系曲线(或关系式)还是从上式求水灰比，都必须用强度保证率为 95 % 的配制强度去求得。

(2)满足耐久性要求的水灰比，应当通过混凝土的抗渗、抗冻等试验来确定。当缺乏试验资料时，可参照表 1-1 和表 1-2 的参考数值初步选定，所选定的水灰比值，不能超过表 1-3 或表 1-4 规定的最大允许值。

水灰比与混凝土抗渗性的关系表 1-1

水 灰 比	0.50 ~ 0.55	0.55 ~ 0.60	0.60 ~ 0.65	0.65 ~ 0.75
估计 28 天达到的抗渗标号	S ₈	S ₆	S ₄	S ₂

混凝土抗冻标号允许的最大水灰比参考值表 1-2

抗 冻 标 号 (2801)	普 通 混 凝 土	引 气 混 凝 土
F ₅₀	0.55	0.60
F ₁₀₀	—	0.55
F ₁₅₀	—	0.50

海水环境混凝土按耐久性要求的水灰比最大允许值表 1-3

环 境 条 件		钢 筋 混 凝 土 预 应 力 混 凝 土		混 凝 土	
		北方	南方	北方	南方
大 气 区		0.55	0.50	0.65	0.65
浪 溅 区		0.50	0.40	0.65	0.65
水 位 变 动 区	严重受冻	0.45	-	0.45	-
	受 冻	0.50	-	0.50	-
	微 冻	0.55	-	0.55	-
	偶冻、不冻	-	0.50	-	0.65
水 下 区	不受水头作用		0.60	0.60	0.65
	受 水 头 作 用	最大作用水头与混凝土壁厚之比 < 5		0.60	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 5 ~ 10		0.55	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 > 10		0.50	

注：除全日潮型港口外，其他海港有抗冻性要求的细薄构件(最小边尺寸小于 30cm 者，包括沉箱工程)，水灰比最大允许值应酌情减小；
对有抗冻性要求的混凝土，浪溅区范围内的下部 1 m 应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水灰比；
南方地区，浪溅区的钢筋混凝土宜掺加高效减水剂，保证所要求的水灰比；
南方地区指最冷月月平均气温大于 0 的地区。

淡水环境混凝土按耐久性要求的水灰比最大允许值

表 1-4

	环 境 条 件		钢 筋 混 凝 土 预 应 力 混 凝 土	混 凝 土
水 上 区	受水气积聚或通风不良		0.60	0.70
	不受水气积聚或通风良好		0.65	
水 位 变 动 区	严重受冻		0.55	0.55
	受 冻		0.60	0.60
	微 冻		0.65	0.65
	偶冻、不冻		0.65	0.70
水 下 区	不受水头作用		0.65	0.70
	受 水 头 作 用	最大作用水头与混凝土壁厚之比 < 5	0.60	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 5 ~ 10	0.55	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 > 10	0.50	

以上根据强度和耐久性要求所求得的两个水灰比值常常是不同的,应选用其中较小的一个,才能既满足强度的要求,又满足耐久性的要求。

若上述水灰比是按经验公式或图表(包括规定提供的)初步选定时,还必须在混凝土配合比初步确定后,再进行混凝土的强度、抗渗、抗冻等项试验,对水灰比进行最后校核。

2 确定单位用水量的原则与方法

确定单位用水量的原则是:应以混凝土拌和物达到要求的流动性为准。

确定单位用水量的方法。影响混凝土用水量的因素很多,有粗集料的最大粒径,混凝土拌和物的坍落度,粗细集料的品质和级配,水泥的标准稠度用水量等等。因此只能初步确定。其方法有二。

(1)按式(1-2)计算。

$$W = \frac{1}{3}(T + K_T)$$

(1-2)

式中: T——坍落度, m m;
K_T——常数,按表 1-5 查用。

常数 K_T 的确定

表 1-5

常 数	碎 石			卵 石		
	最 大 粒 径 (m m)					
	10	20	40	10	20	40
K _T	575	530	485	545	500	455

注: 采用火山灰水泥时, K_T 增加 45 ~ 60; 采用细砂时增加 30。

(2)按表 1-6 初步确定单位用水量。

混凝土单位用水量选用值(kg/ m³)表

表 1-6

坍 落 度 (mm)	碎 石 最 大 粒 径 (mm)			
	20	40	63	80
10 ~ 30	185	170	160	150
30 ~ 50	195	180	170	160
50 ~ 80	210	195	185	175

注： 采用卵石时,用水量可减少 10~15kg/ m³;
采用粗砂时,用水量可减少 10kg/ m³;采用细砂时可增加 10kg/ m³;
采用外加剂时可相应减少用水量。

按初定的单位用水量计算初步配合比,试拌混凝土,测其坍落度。若坍落度不符合要求,应调整用水量(水灰比保持不变),再作试验,直至坍落度符合要求为止。

3 确定砂率的原则与方法

确定砂率的原则就是要选取合理砂率。影响混凝土合理砂率的因素很多,诸如粗集料的最大粒径、级配和表面性质,细集料的细度模数、水灰比、施工要求的流动性的大小、外加剂的掺用等。

确定砂率的方法:

(1)按表 1-7 初估合理砂率。

砂率选用值(%)

表 1-7

碎石最大 粒径(mm)	近 似 水 泥 用 量 (kg/ m³)							
	200	225	250	275	300	350	400	450
20	38 ~ 44	37 ~ 43	36 ~ 42	35 ~ 41	34 ~ 40	32 ~ 38	30 ~ 36	28 ~ 34
40	36 ~ 42	35 ~ 41	34 ~ 40	33 ~ 39	32 ~ 38	30 ~ 36	28 ~ 34	26 ~ 32
63	33 ~ 39	32 ~ 38	31 ~ 37	30 ~ 36	29 ~ 35	27 ~ 33	26 ~ 32	25 ~ 31
80	32 ~ 38	31 ~ 37	30 ~ 36	29 ~ 35	28 ~ 34	26 ~ 32	25 ~ 31	24 ~ 30

注： 采用卵石时,砂率可减少 2% ~ 4% ;
采用引气剂时,空气含量每增 1%,砂率减 0.5% ~ 1.0% ;
采用细砂时,砂率可减少 3% ;采用粗砂时,砂率可增加 3% 。

(2)按式(1-3)的近似理论公式初估砂率。

$$\frac{S}{Y_s} = K \cdot \frac{G}{Y_G} \cdot P$$
$$S_P = \frac{S}{S + G} = \frac{K \cdot Y_s \cdot P}{K \cdot Y_s \cdot P + Y_G}$$

(1-3)

式中： S、 G——分别是细集料,粗集料的用量;
Y_s、 Y_G——分别是细集料,粗集料的松堆密度;
P——粗集料的空隙率;
K——拨开系数,一般为 1.1~1.4 之间。

(二)水泥混凝土配合比设计的方法与步骤

混凝土配合比设计前,必须明确混凝土的各项技术要求:混凝土的强度等级;混凝土的耐久性要求;混凝土拌和物的和易性要求。

对各项原材料,必须进行检验,合理选择,明确所用材料的技术指标:水泥的品种、标号、密

度;粗集料的种类、最大粒径、级配及表观密度;砂子的细度模数、级配及表观密度。

混凝土配合比设计的方法,通常是先进行初步估算,然后通过试验确定。

混凝土配合比设计的步骤如下:

第一步:根据混凝土强度和耐久性的要求,初步确定水灰比 $\frac{W}{C}$ 。

第二步:根据混凝土拌和物的坍落度指标,初步估计单位用水量(W)。

第三步:初步估计砂率 S_P 。

第四步:计算初步配合比,计算初步配合比之前,先根据初估的单位用水量(W)和水灰比 $\frac{W}{C}$,求得水泥用量 $C = W / (\frac{W}{C})$ 。并满足耐久性要求的最低水泥用量(表 1-8)。

海水环境按耐久性要求的最低水泥用量(kg/ m³)

表 1-8

环 境 条 件	钢筋混凝土 预应力混凝土		素 混 凝 土	
	北方	南方	北方	南方
大 气 区	300	360	280	280
浪 溅 区	360	400	280	280
水 位 变 动 区	395	360	395	280
	360		360	
	330		330	
	300		300	
水 下 区	300	300	280	280

注： 有耐久性要求的大体积混凝土,水泥用量应按混凝土的耐久性和降低水泥水化热综合考虑;
掺加混合料时,水泥用量可适当减少,但应符合有关规定;
对南方地区,掺外加剂时,水泥用量可适当减少,但不得降低混凝土的密实性;
对于有抗冻性要求的混凝土,浪溅区范围内的下部 1 m,应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水泥用量。

计算初步配合比可用‘假定密度法’或‘绝对体积法’算出每立方米混凝土中的细集料和粗集料的用量。

a 假定密度法 假定新浇筑好的混凝土的密度值为 $\gamma_{混}$,它等于每立方米混凝土中水(W)、水泥(C)、细集料(S)、粗集料(G)的质量之和,即

$$\gamma_{混} = W + C + S + G \tag{1-4}$$

与初估的砂率 $S_P = \frac{S}{S + G}$ 联合求解得到 S 和 G。

b 绝对体积法 假定 1 m³ 新浇筑好的混凝土中,各组成材料的实体积之和为 1 m³,则

$$W + \frac{C}{\rho_c} + \frac{S}{\rho_s} + \frac{G}{\rho_g} + 10\alpha = 1000 \tag{1-5}$$

式中: ρ_c ——水泥的相对密度;
 ρ_g 、 ρ_s ——粗、细集料的表观密度;
 α ——混凝土空气含量,对于普通混凝土可取 $\alpha = 1\%$ 。

将式(1-5)与初估砂率 $S_P = \frac{S}{S + G}$ 联合求解,得到 S 和 G。

第五步:试拌调整。上面所求得初步配合比,不一定符合所要求的和易性的要求,故必须通过试拌调整,以确定满足和易性要求的单位用水量和合理砂率,并实测混凝土的密度,重新计算配合比,该配合比也叫基准配合比。

第六步:校核水灰比,用基准配合比拌制混凝土、浇制强度、抗冻、抗渗等试件,养护至规定龄期,进行试验。如果试验结果均能满足要求,且超过要求指标不多,则此配合比就是经济合理的。如果有任一项性能不能满足要求,或各项性能均超过设计要求过多时,应修正水灰比,重新进行试验,直至符合要求。

为缩短试验时间,最好在确定初步水灰比时,就选取稍小和稍大的 3~5 个水灰比,同时进行试验,以便校核。对于大型混凝土工程,尚须通过系统试验绘制水灰比与强度、抗渗性、抗冻性等关系曲线,以及水灰比与单位用水量,砂率的关系曲线;并按选定的水灰比和已确定的合理砂率,经过试验,绘制坍落度与水泥用量的关系曲线。从这些关系曲线即可根据设计要求确定混凝土的配合比。

六、水下灌注水泥混凝土配合比的设计

水下混凝土与普通混凝土比较具有以下特点:

- (1)混凝土靠自重密实;
- (2)混凝土拌和物和易性要求高、坍落度大、粘聚性、保水性要好。

为了使水下混凝土具有以上特点,在配合比设计时作了以下几条规定:

- (1)坍落度应达到 16~22cm;
- (2)砂率 40%~50%;
- (3)配制强度应比设计强度标准值提高 40%~50%;
- (4)最小水泥用量大于等于 350kg/m³;
- (5)粗集料最大粒径 D_M 小于等于 $\frac{1}{4}$ 导管内径,和小于等于 1/4 钢筋净距,并不得大于 40mm。

水下混凝土配合比设计的方法及步骤与普通混凝土配合比设计的方法及步骤相同。

第二章 水泥混凝土

第一节 水泥混凝土拌和物性能测试

一、混凝土的和易性

混凝土的和易性是指在一定施工条件下,便于施工操作并能获得质量均匀、密实的混凝土的性能,它包含流动性、粘聚性及保水性三方面的涵义。

流动性是指混凝土拌和物在其自重或施工机械振捣的作用下,能产生流动,并均匀密实地填满模板的性能。

粘聚性是指混凝土拌和物有一定的粘聚力。在运输和浇筑过程中,不出现分层离析,使混凝土保持整体均匀的性能。

保水性是指混凝土拌和物具有一定的保水能力,在施工过程中不致产生较严重的泌水现象。

混凝土拌和物和易性的检测方法可分为坍落度试验和维勃稠度试验。前者适用于塑性混凝土,后者适用于干硬性混凝土。对于塑性混凝土,其和易性应根据坍落度值、泌水性、粘聚性及捣实难易程度来综合评定。对于干硬性混凝土其和易性用维勃时间来表示。下面将试验检测方法分述如下。

(一) 混凝土拌和物坍落度试验

该试验通过测定混凝土拌和物的坍落度来判断其流动性的大小,主要用于坍落度在 10 ~ 150 mm 的塑性混凝土,粗集料最大粒径不应大于 40 mm。

1 试验设备

(1)坍落度筒——为薄钢板制成的截头圆锥筒,尺寸见图 2-1。圆锥筒内壁应光滑,顶、底应和轴成垂直。筒外上部有两个把手,下部有两块脚踏板。

(2)铁板——尺寸为 600 mm × 600 mm,厚度约 3 mm,表面要求平整。

(3)钢制捣棒——直径 16 mm,长 650 mm,一端做成弹头状。

(4)钢直尺——长 500 mm。

(5)钢尺——长 300 mm,最小刻度 1 mm。

(6)小铁铲、抹刀、漏斗等。

2 试验步骤

(1)先用水润湿坍落度筒、铁板、捣棒后,将坍落度筒放置在铁板上,双脚踏紧脚踏板。

(2)在拌和均匀的混凝土拌和物中取出试样,尽快地分三层均

图 2-1 坍落度筒
(尺寸单位: mm)

匀地装入筒内。使捣实后每层高度为筒高的 $1/3$ 左右,每层用捣棒插捣 25 次。插捣应沿螺旋方向由外向中心进行,各次插捣应在截面上均匀分布。插捣筒边混凝土时,捣棒可以稍稍倾斜。插捣底层时,捣棒应贯穿整个深度,插捣第二层和顶层时,捣棒应插透本层至下一层的表面。

(3)三层捣完后清除筒边底板上的混凝土后,先用双手压住坍落度筒上部的两个把手,然后双脚离开踏脚板,再垂直平稳地提起坍落度筒。坍落度筒的提离过程应在 $5 \sim 10\text{s}$ 内完成。

从开始装料到提起坍落度筒的整个过程应连续进行,并在 150s 内完成。

(4)提起坍落度筒后,迅速将筒放在锥体混凝土试样旁边量测筒高与坍落后混凝土试样顶面的高度差,即为该混凝土拌和物的坍落度值。量测精度,估读至 1mm ,试验结果精确到 5mm 。

(5)坍落度筒提离后,如混凝土锥体发生崩坍或一边剪坏,则该试验作废。如第二次仍出现这种现象,则表示该拌和物和易性不好,应予记录备查。

3 结果评定

除了以坍落度的大小评定混凝土拌和物的流动性外,同时用目测法评定混凝土拌和物的下列性质:

(1)棍度:根据插捣混凝土拌和物时的难易程度分为三级:“上”表示插捣很容易;“中”表示插捣时稍有石子阻滞感;“下”表示很难插捣。

(2)粘聚性:观察混凝土拌和物各组成成分相互粘聚的情况。评定方法:用捣棒在已坍落的混凝土锥体一侧轻轻敲打,如锥体逐渐下沉,表示粘聚性良好,如果锥体突然倒坍,部分崩裂或出现石子离析现象,即为粘聚性不好。

(3)砂浆富裕程度:按镬刀抹平程度分为三级。“多”表示用镬刀抹平混凝土拌和物表面时抹 $1 \sim 2$ 次就可将表面抹平,砂浆含量十分富裕;“中”表示用镬刀抹 $5 \sim 6$ 次就可将混凝土表面抹平;“少”表示抹平很困难,抹 $8 \sim 9$ 次后仍不能消除蜂窝麻面。

(4)析水情况:指水分从混凝土拌和物中析出的情况,分“多量”、“少量”、“无”三级评定。“多量”表示提起坍落度筒后,有较多的水分从底部析出;“少量”表示提起坍落度筒后,有少量的水分从底部析出;“无”表示提起坍落度筒后没有明显的析水现象。

(二)混凝土拌和物稠度试验(维勃仪法)

本试验用维勃时间来测定混凝土拌和物的稠度,适用于集料粒径不大于 40mm 的混凝土及维勃时间在 $5 \sim 30\text{s}$ 之间的干硬性混凝土的稠度测定。

1 仪器设备

(1)维勃稠度仪,见图 2-2。

容器:为金属圆筒,内径 $240 \pm 3\text{mm}$,高 $200 \pm 2\text{mm}$,壁厚 3mm ,底厚 7.5mm 。容器应不漏水并有足够的刚度,上有把手,底部外伸部分可用螺母将其固定在振动台上。

坍落度筒和捣棒同坍落度试验,但坍落度筒没有脚踏板。

圆盘:用透明塑料制成,上装有滑棒。滑棒可以穿过套筒 5 垂直滑动。套筒装在一个可用螺栓 6 固定位置的旋转悬臂上。悬臂上还装一个漏斗 7。坍落度筒在容器中放好后,转动旋臂,使漏斗底部套在坍落度筒上口。旋臂装在支柱 8 上,可用定位螺栓 9 固定位置。滑棒和漏斗的轴线应与容器的轴线重合。

圆盘直径 $230 \pm 2\text{mm}$,厚度 $10 \pm 2\text{mm}$,圆盘、滑棒及荷重 10 组成的滑动部分重量为 $2750 \pm$