

 混凝土技术丛书

轻集料混凝土

● 胡曙光 王发洲 著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

混凝土技术丛书

轻集料混凝土

胡曙光 王发洲 著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

本书主要介绍了轻集料的生产技术,轻集料混凝土的配合比设计,轻集料混凝土的组成、结构和性能及其工程应用情况;较为全面系统地介绍了人造轻集料的生产技术、高强轻集料混凝土制备技术、轻集料混凝土的微观结构特征与性能研究以及轻集料混凝土泵送施工技术方面近年来所取得的最新研究成果;还介绍了国内外近年来采用轻集料混凝土具有代表性的工程应用情况。

本书有较强的系统性、理论性与实用性,可供混凝土及制品、建筑工程、交通工程、环境保护等部门的科研、生产技术人员参考,也可作为相关专业领域的各类大、中专院校师生的教学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

轻集料混凝土/胡曙光,王发洲著. —北京:化学工业出版社,2006.2
(混凝土技术丛书)
ISBN 7-5025-8208-8

I. 轻… II. ①胡…②王… III. 轻质混凝土
IV. TU528.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 006084 号

混凝土技术丛书

轻集料混凝土

胡曙光 王发洲 著

责任编辑:窦臻 常青 马燕珠

文字编辑:咎景岩

责任校对:陶燕华

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询 (010)64982530

(010)64918013

购书传真 (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14 1/4 字数 253 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8208-8

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

轻集料混凝土是一种具有轻质、保温、隔热、耐火、抗震等优良性能的新型建筑材料。由于轻集料的多孔性可以在一定程度上缓解混凝土内部因水结冰造成的膨胀应力，并可从根本上消除碱集料反应风险，因此轻集料混凝土一般还具有良好的抗冻性和抗碱集料反应性能。此外，随着以工业废渣、城市废弃物等为主要原料生产绿色轻集料技术的日趋成熟，人们可大量使用绿色轻集料替代天然集料配制混凝土，从而减少对天然集料资源的消耗和保护环境。随着高强与高性能混凝土技术的发展，高强轻集料混凝土是一种应用前景极其广阔的新型绿色建筑材料，它不仅适用于高层建筑、桥梁等大跨度结构工程，以及地质条件复杂和对材料耐久性有特殊要求的重点工程建设，而且对各种土木工程都具有广泛意义。轻集料混凝土独特的经济与技术优势已引起了本领域管理、设计、科研与施工等方面相关人员的密切关注。

我国早在 20 世纪六七十年代就开始进行有关轻集料混凝土的研究工作，但长期以来轻集料主要应用于制作混凝土小砌块、墙板等，在主体结构工程中鲜有应用。近十年来，国内一些科研院所、企业开始进行高强与高性能轻集料混凝土的理论研究与工程应用开发工作，轻集料混凝土在高层建筑、桥梁主体结构的应用也越来越广泛。本书作者长期从事轻集料混凝土的理论研究及其工程应用开发工作，先后承担了国家自然科学基金、国家“863”计划、国家“十五”科技攻关以及省部级科技攻关课题数项，在高强与高性能轻集料混凝土制备技术、轻集料混凝土配合比设计方法、轻集料混凝土工作性评价方法、轻集料混凝土微观结构、轻集料混凝土的脆性及增韧技术、轻集料混凝土泵送施工技术等方面进行了深入和系统的研究，取得了大量创新成果，发表数十篇与此相关的学术论文，研究成果已成功应用于京珠高速公路蔡甸汉江大桥、孝襄高速公路团山河大桥、武汉市证券大厦、武汉市外环线钢桥面铺装等重点工程，并取得了显著的经济与社会效益。

作者在多年科研及大量资料积累的基础上撰写本书，旨在对轻集料混凝土的组成、结构与性能及其工程应用情况进行比较全面系统的介绍。内容以轻集料的生产技术，轻集料混凝土的配合比设计，轻集料混凝土的组成、结构与性能及工

程应用为主，力求具有实用性。同时，对轻集料混凝土领域的未来发展趋势也作了较系统的前瞻性探讨，希望对有关的科研、生产和工程应用部门起到抛砖引玉的作用。

在撰写本书的过程中，丁庆军教授、吕林女副教授，研究生张锋、黄劲、彭艳州、邹定华参与了本书部分内容的审核工作，在此一并表示谢意。本书在编写过程中参考引用了国内外一些专家、学者公开发表的研究成果和技术数据，在此表示诚挚的感谢！

由于编著者水平所限，难免有疏漏、不当之处，诚望读者批评指正。

胡曙光
2006年1月

目 录

第一章 概述	1
第一节 轻集料混凝土	1
一、密度与强度等级划分	2
二、轻集料混凝土的分类	5
第二节 高强与高性能轻集料混凝土	6
一、高强轻集料混凝土	6
二、高性能轻集料混凝土	8
第三节 轻集料混凝土的特性	10
第四节 轻集料混凝土的研究进展	16
一、国外轻集料混凝土的研究进展	16
二、国内轻集料混凝土的研究进展	22
第二章 轻集料及其生产工艺	27
第一节 轻集料的概念及分类	27
一、概念	27
二、分类	27
三、天然轻集料	28
四、人造轻集料	29
第二节 轻集料的基本特性	31
一、密度	31
二、粒型和表面特性	34
三、强度	37
四、弹性模量	38
五、吸水率	39
六、抗冻性	41
七、安定性	41

八、软化系数	41
第三节 人造轻集料的生产技术	42
一、人造轻集料的焙烧机理	42
二、焙烧型人造轻集料的生产技术	45
三、非焙烧型人造轻集料的生产技术	58
四、高强轻集料的生产技术	60
五、建议	67
第三章 轻集料混凝土的配合比设计	69
第一节 设计参数选择	69
一、试配强度	70
二、水泥品种及强度等级	70
三、水泥用量	71
四、用水量	71
五、砂率	74
六、轻集料的密度等级	75
七、粗细集料总体积	75
八、矿物掺合料	75
九、外加剂	76
第二节 配合比设计方法	76
一、松散体积法	76
二、绝对体积法	77
三、粉煤灰轻集料混凝土配合比设计方法	79
四、轻集料混凝土配合比的试配调整	79
第三节 配合比设计实例	80
第四章 轻集料混凝土的组成与结构	87
第一节 轻集料混凝土的组成	87
一、水泥	87
二、辅助胶凝材料	88
三、轻集料	96
四、细集料	100
五、外加剂	103

六、纤维	106
七、聚合物	112
第二节 轻集料混凝土的结构	113
一、轻集料混凝土的结构特征	113
二、轻集料的结构	115
三、水泥石-轻集料的界面结构	118
第五章 轻集料混凝土的性能	127
第一节 新拌混凝土的性能	127
一、拌和物结构特征	127
二、工作性设计与稳定性控制方法	129
三、含气量	130
四、密度	131
五、工作性评价方法	131
六、可泵性	134
第二节 硬化混凝土的性能	140
一、物理力学性能	140
二、体积变形特性	153
三、耐久性能	162
四、耐磨性能	169
五、耐火性能	170
六、热物理性能	171
七、声学性能	172
八、吸湿性能	173
九、抗滑性能	173
第六章 轻集料混凝土的制备与施工技术及其应用	175
第一节 轻集料混凝土的制备	175
一、轻集料预处理工艺	175
二、搅拌工艺	176
第二节 轻集料混凝土的施工	176
一、拌和物的运输	176
二、泵送工艺	177

三、浇筑和振捣工艺	178
四、养护工艺	179
第三节 轻集料混凝土生产与施工的质量控制方法	179
一、轻集料的质量控制	179
二、轻集料混凝土的质量控制	180
第四节 轻集料混凝土的工程应用	182
一、结构轻集料混凝土的应用实例	182
二、保温轻集料混凝土的应用实例	198
三、展望	208
参考文献	209

第一章 概 述

第一节 轻集料混凝土

混凝土是由胶结材料（无机的、有机的或无机有机复合的），颗粒状集料以及必要时加入的化学外加剂和矿物掺合料合理组成的混合物，经水硬化后形成具有堆聚结构的复合材料。目前应用最广的是以水泥为胶结材料制成的混凝土。根据密度不同可将混凝土分为重混凝土、普通密度混凝土、次轻混凝土和轻混凝土。

重混凝土密度大于 2500kg/m^3 ，主要用于具有防辐射要求的原子能工程及具有抗冲磨要求的水工工程等。

普通密度混凝土密度为 $2300\sim 2500\text{kg/m}^3$ ，主要用于各种承重结构和一般用途。

次轻混凝土密度为 $1950\sim 2300\text{kg/m}^3$ ，属于混凝土的新品种，是由碎石与轻集料混合配制的混凝土，主要用于海洋采油平台、桥梁等结构工程。

轻混凝土密度小于 1950kg/m^3 ，主要用作保温隔热材料，也可以作为结构材料使用。一般情况下，容重较小的轻混凝土强度也较低，但保温隔热性能好；容重较大的轻混凝土强度也较高，可以作为结构材料使用。轻混凝土目前主要有四种类型。

（1）多孔混凝土 这是在混凝土砂浆或净浆中引入大量气泡而制得的混凝土。根据引气方法的不同，又分为加气混凝土和泡沫混凝土两种。多孔混凝土的干表观密度一般为 $300\sim 800\text{kg/m}^3$ ，是轻混凝土中密度最小的混凝土。其强度较低，一般为 $5.0\sim 7.0\text{MPa}$ ，主要用于墙体或屋面的保温。

（2）大孔混凝土（或无砂大孔混凝土）这是一种由间断级配设计的粗集料、水泥和水为原料配制成的混凝土。由于粗集料采用间断级配，加之混凝土中无细集料，或仅用很少量的细集料对粗集料之间形成的空隙进行填充，混凝土内部可形成很多大孔，因此混凝土的密度较低，保温隔热性能良好。无砂大孔混凝土根据所用的集料种类不同，容重在 $1000\sim 1900\text{kg/m}^3$ 之间变化。该类轻混凝土的强度一般为 $5.0\sim 15.0\text{MPa}$ ，主要用于制作混凝土砌块、工业与民用建筑墙体工程等领域。

（3）轻集料混凝土 由容重较小的轻粗集料、轻砂（或普通砂）水泥和水配

制成的混凝土。轻集料混凝土的密度小于 1950kg/m^3 ，但是强度较高，甚至可达到与普通密度混凝土相当的水平。由于轻集料混凝土具有密度小、强度高、保温隔热性能优等特点，因此在工业与民用建筑、桥梁工程等有较为广泛的应用。

(4) 轻集料多孔混凝土 该类混凝土是在轻集料混凝土和多孔混凝土基础上发展起来的轻混凝土，即多孔混凝土中掺加一定比例的轻集料。该混凝土干密度为 $950\sim 1000\text{kg/m}^3$ 时，强度可达到 $7.5\sim 10.0\text{MPa}$ ，主要用于保温隔热制品和一些特殊的承重结构。

轻集料混凝土是混凝土材料的一个新品种，在我国是用量仅次于普通密度混凝土的一种新型混凝土材料。按我国《轻集料混凝土技术规程》(JGJ 51—2002)的规定：“轻集料混凝土 (lightweight aggregate concrete, LWAC 或 LC) 是指采用轻粗集料、轻砂 (或普通砂)、水泥和水配制而成的干表观密度不大于 1950kg/m^3 的混凝土”。在我国，根据使用的集料种类不同，轻集料混凝土通常又称为陶粒混凝土、浮石混凝土、膨胀珍珠岩混凝土等，若其细集料全部采用轻砂 (如陶砂、膨胀珍珠岩砂或浮石砂等)，则称为全轻混凝土，或陶粒全轻混凝土、浮石全轻混凝土等；如细集料全部或部分采用普通砂，部分采用轻砂时，则称为砂轻混凝土或陶粒砂轻混凝土、浮石砂轻混凝土等。

一、密度与强度等级划分

1. 密度等级

根据轻集料混凝土的定义，轻集料混凝土涉及密度及其最大限制两个概念。

密度对于轻集料混凝土是一个非常重要的指标。与普通混凝土的密度相对较为恒定不同 (约为 2400kg/m^3)，轻集料混凝土的密度受集料种类、材料组成以及养护环境条件的影响较大。配制混凝土所用的轻集料密度越大，混凝土的密度越高；混凝土中普通砂的用量越高，混凝土的密度越大；由于轻集料是一种多孔材料，由其配制的混凝土受轻集料的多孔性和吸水性的影响，混凝土的密度随环境条件的改变而变化。故而轻集料混凝土的密度有多种表示方法，常用的有理论密度、新拌混凝土密度、脱模密度、饱水密度、气干密度与绝干密度等。

理论密度 (theoretical density) 是单位体积各组成材料的质量总和；新拌混凝土密度 (freshmix density) 是处于新拌和状态时混凝土的表观密度；脱模密度 (demoulded density) 是成型后 24h 脱模时混凝土的表观密度；饱水密度 [saturated and stored in water (28d)] 是在水中养护 28d，饱水条件下混凝土的表观密度；气干密度 (air dry density) 是指混凝土在空气中自然干燥后的表观密度，又分为室内干燥密度 (indoor service density) 与室外干燥密度 (outdoor service density)。在常温条件下，轻集料混凝土的水分蒸发快，所以在很长一段

时间内,其气干密度是一个变量。绝干密度(oven dry density)是指在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 温度条件下烘至恒重时混凝土的表观密度,简称干表观密度。

对于同一配比的轻集料混凝土,绝干密度是一个恒定的值,因此绝干密度使各种轻集料混凝土的表观密度具有可比性。我国有关规程、标准中的轻集料混凝土的密度,若没有特别说明都是指干表观密度。与脱模密度相比,轻集料混凝土的气干密度约低 $50\sim 70\text{kg/m}^3$,干表观密度约低 $80\sim 100\text{kg/m}^3$ 。各种密度之间的相对关系如图1-1所示。

轻集料混凝土的密度与所使用轻集料的密度之间具有如图1-2所示的关系。

由图1-2可见,由不同种类轻集料配制的混凝土的密度均有一个合理的范围,例如,采用蛭石配制的轻集料混凝土的合理密度范围为 $400\sim 800\text{kg/m}^3$,由人造膨胀页岩、黏土和板岩陶粒配制的混凝土密度的合理范围为 $1400\sim 1900\text{kg/m}^3$ 。

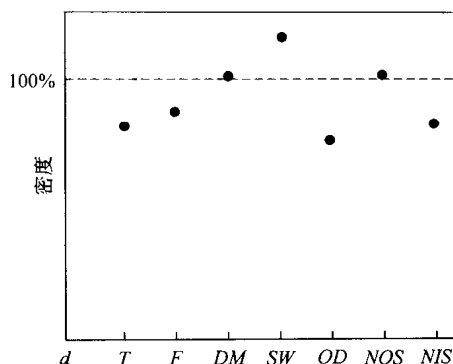


图1-1 轻集料混凝土的密度表示方法及其相互关系

d —轻集料混凝土密度; T —理论密度;
 F —新拌混凝土密度; DM —脱模密度(24h);
 SW —饱水密度(28d); OD —绝干密度;
 NOS —自然室外密度; NIS —自然室内密度

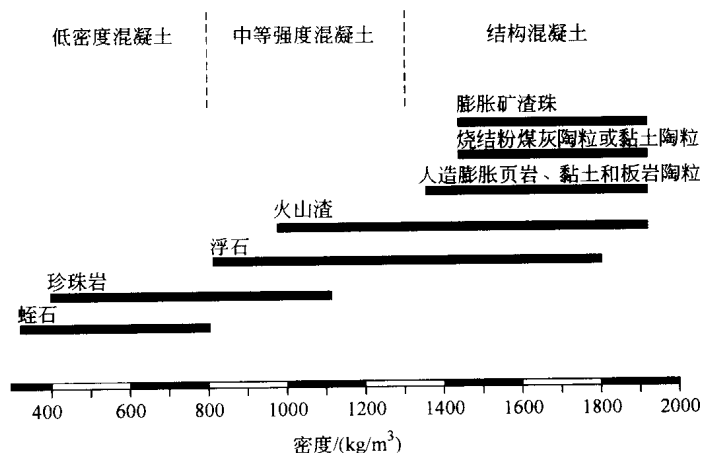


图1-2 轻集料混凝土所用集料及其与密度的关系

关于轻集料混凝土密度的最大限制问题,各国的有关标准都根据各自国家的资源情况和技术要求对它有明确的规定,如美国规定为 1840kg/m^3 ,德国和法国规定为 2000kg/m^3 。我国的轻集料混凝土技术规程(JGJ 51—78)曾将轻集料混

凝土密度的最大限值规定为 1900kg/m^3 。后来发现，如果把轻集料混凝土的密度上限定为 1900kg/m^3 ，就会把用膨胀矿渣珠、自燃煤矸石和高密度火山渣配制成的密度在 $1900\sim 1950\text{kg/m}^3$ 的混凝土排斥在轻集料混凝土的定义之外，这显然缩小了轻集料混凝土的范围，影响了密度在 $1900\sim 1950\text{kg/m}^3$ 轻集料混凝土的应用与发展。因此，1999 年以后颁布的《轻集料混凝土技术规程》将干表观密度的上限规定为 1950kg/m^3 。密度上限的放宽促进了高强轻集料混凝土在结构工程中的应用和发展。21 世纪初，欧美等国利用轻集料与普通碎石混合开发出干密度为 $2000\sim 2200\text{kg/m}^3$ 的新型轻质混凝土，有的将其称为改进密度混凝土 (modify density concrete, MDC)，也有的称之为特定密度混凝土 (specified density concrete, SDC)，我国将该类混凝土定义为次轻混凝土。随着轻质混凝土的密度上限提高，轻质混凝土的应用领域也得到扩展，目前 $1400\sim 2200\text{kg/m}^3$ 结构轻质混凝土已广泛应用于工业与民用建筑、桥梁与海洋采油平台等各种结构工程，显示出良好的发展前景。

根据我国规范，轻集料混凝土按其干表观密度分为 14 个等级，如表 1-1 所示。每一密度等级轻集料混凝土的密度标准值，可取该密度等级干密度变化范围的上限值。如果是钢筋轻集料混凝土，密度增加约 100kg/m^3 。

表 1-1 轻集料混凝土的密度等级

密度等级	干表观密度的变化范围 /(kg/m^3)	密度等级	干表观密度的变化范围 /(kg/m^3)
600	560~650	1300	1260~1350
700	660~750	1400	1360~1450
800	760~850	1500	1460~1550
900	860~950	1600	1560~1650
1000	960~1050	1700	1660~1750
1100	1060~1150	1800	1760~1850
1200	1160~1250	1900	1860~1950

2. 强度等级

轻集料混凝土的强度等级按标准立方体试件抗压强度标准值确定。1999 年颁布的轻集料混凝土技术规程 (JGJ 51—1999) 把轻集料混凝土划分为 LC5.0、LC7.5、LC10、LC15、LC20、LC25、LC30、LC35、LC40、LC45、LC50 共 11 个等级。然而，近几年来高强混凝土技术发展迅速，同时我国的高强轻集料的生产技术取得突破，上海、宜昌、哈尔滨、天津等地生产出筒压强度达到 6.0MPa 以上的优质高强轻集料，利用这些轻集料可配制出密度等级为 1900 级、强度达到 60MPa 以上的高强轻集料混凝土，并且实际工程应用中轻集料混凝土的强度等级也在逐年提高。在此背景下，2002 年颁布了新的轻集料混凝土技术规程

(JGJ 51—2002), 其中相应增加了 LC55 与 LC60 强度等级, 以适应我国轻集料混凝土快速发展的形势。

二、轻集料混凝土的分类

我国的轻集料混凝土分类方法有三种。

(1) 按用途分类 轻集料混凝土按其用途分为保温轻集料混凝土、结构保温轻集料混凝土和结构轻集料混凝土, 见表 1-2。ACI213 委员会根据强度和密度将轻集料混凝土划分为三类: 用于隔热的低密度、低强度混凝土, 该类混凝土的强度约 0.7~2.0MPa, 密度小于 800kg/m³; 用作混凝土砌块和具有必要强度的其他应用的中强度轻混凝土, 该类混凝土的强度一般为 7~14MPa, 密度约 800~1400kg/m³; 结构用轻混凝土, 该类混凝土的强度为 17~63MPa, 密度约 1400~1900kg/m³。由表 1-2 可见, ACI213 委员会的分类方法与我国的这一分类方法基本相似。

表 1-2 轻集料混凝土按用途分类

类别名称	混凝土强度等级的合理范围	混凝土密度等级的合理范围/(kg/m ³)	用途
保温轻集料混凝土	LC5.0	300~800	主要用于保温的围护结构或热工构筑物
结构保温轻集料混凝土	LC5.0 LC7.5 LC10 LC15	800~1400	主要用于既承重又保温的围护结构
结构轻集料混凝土	LC15 LC20 LC25 LC30 LC35 LC40 LC45 LC50 LC55 LC60	1400~1900	主要用于承重构件或构筑物

(2) 按轻粗集料的品种分类 轻集料混凝土按其轻粗集料的种类, 可分为以下几种: ①工业废料轻集料混凝土, 由工业废料轻粗集料配制成的轻集料混凝土, 如粉煤灰陶粒混凝土、自燃煤矸石混凝土、炉渣混凝土等; ②天然轻集料混凝土, 由天然轻粗集料配制成的轻集料混凝土, 如浮石混凝土、火山渣混凝土等; ③人造轻集料混凝土, 由人造轻粗集料配制成的轻集料混凝土, 如黏土陶粒混凝土、页岩陶粒混凝土、膨胀珍珠岩混凝土等。

(3) 按细集料的品种分类 按细集料的种类不同,轻集料混凝土又可分为以下两种:①全轻混凝土,粗集料采用轻集料,细集料也采用轻砂的混凝土;②砂轻混凝土,粗集料采用轻集料,而部分或全部用普通砂作细集料的混凝土。

第二节 高强与高性能轻集料混凝土

高强和高性能化是混凝土材料发展的主要方向。据预测,在今后的 100 年甚至更长的时间,混凝土仍然是我们这个世界最主要的工程材料,而高强和高性能混凝土将占主要地位。自 19 世纪初期人造轻集料开始工业化生产以来,轻集料混凝土一直在向高强度、高性能化的方向发展,高强与高性能混凝土技术的快速进步又极大地推动了高强与高性能轻集料混凝土的发展。

一、高强轻集料混凝土

高强混凝土的概念具有时代特征,随着时代前进,高强混凝土强度的底限在不断提高。随着科学技术的进步,使得制备和生产越来越高强度的混凝土变得更为容易,因此导致高强混凝土的定义一直在变化。例如,在 20 世纪 20 年代,超过 21MPa 的混凝土都被认为是高强混凝土;50 年代,35MPa 代表着高强度;70 年代末期,强度达到 40MPa 的混凝土被看作是高强混凝土;而最近强度达到 60MPa 被认为是高强混凝土的底限。一般认为,混凝土强度的快速增长主要归因于减水剂的发展和矿物外加剂的应用,尤其是硅灰。

混凝土的强度主要与水泥石强度、集料强度、集料与水泥石之间界面的黏结强度有关。高效减水剂的出现使混凝土在低水灰比条件下制备混凝土成为可能,水泥石的结构由于水灰比的降低而更加致密,矿物外加剂的使用改善了混凝土的微观结构,优化了组成,尤其是集料与水泥石之间的界面区组成与结构因此得到有效改善。因而,随着减水剂与矿物外加剂的使用,混凝土的强度得以大幅度提高。

在轻集料混凝土中,轻集料是较弱的相,由于集料的强度较低,混凝土在荷载作用下裂缝往往贯穿轻集料,如图 1-3 所示。轻集料混凝土的破坏特征是集料破坏,这与高强普通密度混凝土的破坏方式非常相似。因此,高强轻集料生产技术的进步是高强轻集料混凝土快速发展的必要条件。随着轻集料强度的提高,轻集料混凝土的强度逐步得到提高。

在轻集料混凝土发展初期,使用的轻集料主要是天然轻集料,混凝土的强度等级较低,主要应用于制作保温砌块,自 1917 年 S. J. Hayde 发明了采用回转窑生产膨胀黏土陶粒的技术以来,人造轻集料技术的进步促进了轻集料的品质提高,进而加快了高强轻集料混凝土技术的发展步伐。

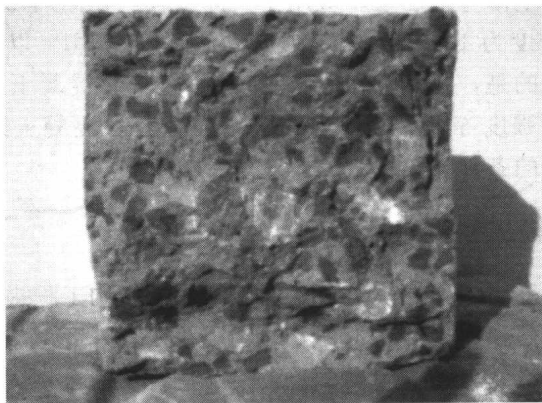


图 1-3 轻集料混凝土破坏的断面

在 20 世纪二三十年代, 人造轻集料生产技术的进步, 为提高轻集料混凝土的强度创造了条件, 这一时期混凝土的强度等级一般为 LC20~LC30, 20MPa 以上的轻集料混凝土即被看作是高强混凝土。随着强度的提高, 轻集料混凝土开始逐渐被应用于结构工程, 在高层建筑、桥梁工程中的应用也取得了较大进展。

20 世纪五六十年代, 减水剂的出现加快了高强轻集料混凝土的发展步伐; 这一时期, 30MPa 被认为是高强轻集料混凝土的底限。20 世纪七八十年代, 随着高效减水剂与矿物掺合料技术的快速发展, 尤其是硅灰的出现与使用以及筒压强度达到 6.0MPa 以上高强轻集料生产技术的突破, 使轻集料混凝土的强度得到普遍提高, LC40~LC60 高强轻集料混凝土开始广泛用于大跨度桥梁、海洋采油平台等工程。因此, 目前 28d 抗压强度大于等于 40MPa 的轻集料混凝土被称为高强轻集料混凝土 (high strength lightweight aggregate concrete, HSLWAC 或 HSLC)。

据报道, 日本采用 800 级、最大粒径为 15mm 的高性能轻集料配制出干密度 1880kg/m³、28d 抗压强度达到 95MPa 的高强轻集料混凝土, 采用堆积密度为 900kg/m³ 的高性能轻集料, 甚至可以配制出表观密度为 2070kg/m³、抗压强度达 140MPa 的超高强轻集料混凝土。

我国高强轻集料混凝土的发展比较缓慢。20 世纪 80 年代初期, 铁道部大桥局科学技术研究所在实验室采用高强黏土陶粒和 625 号水泥配制出 LC40 干硬性高强轻集料混凝土, 与同时期国外先进水平相比, 技术水平还相对落后, 一个非常重要的原因是我国的高强轻集料生产技术发展比较缓慢。最近几年来, 随着宜昌、上海等地高强轻集料生产技术的进步, 以及高强与高性能混凝土技术的发展, 我国高强轻集料混凝土取得较快发展, 如 LC40 轻集料混凝土在天津、北

京、湖北、云南、上海等地已逐步应用于实际工程。在国内已发表的文献中,轻集料混凝土的干密度为 1940kg/m^3 , 强度已达到了 70MPa 以上, 并具有良好的工作性。更为重要的是, 在 2002 年新颁布的《轻集料混凝土技术规程》中, 新增了 LC55、LC60 强度等级, 从而为我国高强轻集料混凝土继续保持快速发展的势头创造了有利的条件。

二、高性能轻集料混凝土

高强混凝土强度高、弹性模量大, 这为其用于结构工程提供了重要的工程与经济方面的优势, 高强混凝土在工程中的应用在很大程度上减少了混凝土结构的尺寸, 从而降低了混凝土结构的自重乃至整个建筑物的自重, 使高层建筑、大跨度建筑构件的建造可以提高到一个新的水平。因此它已在建筑物剪力墙、承重墙、大跨度桥梁等领域得到了非常广泛的应用。但是由于高强混凝土的水灰比较低、水泥用量高, 混凝土的水化热高、脆性大、开裂问题比较突出, 并且高强混凝土对新拌混凝土的工作性和硬化混凝土的耐久性没有提出特别要求。

随着水泥混凝土的快速发展, 水泥产量剧增, 加快了资源的消耗, 水泥混凝土工业的发展给环境造成了极大负担。在此背景下, 20 世纪 90 年代初期, 以提高混凝土使用寿命, 节省资源、能源、保护环境为主旨的高性能混凝土概念被提出, 高性能混凝土技术的出现使混凝土技术产生了根本性的改变, 混凝土的强度不再是追求的唯一目标, 耐久性成为努力的方向。

高性能混凝土是高强混凝土的进一步完善, 不同国家、不同学者依照各自的认识、实践、应用范围和工程要求的差异, 对高性能混凝土有不同的定义和解释, 具有代表性的是美国国家标准与技术研究所 (NIST) 与美国混凝土协会 (ACI) 于 1990 年 5 月召开的讨论会上提出的概念: 高性能混凝土是具有某些性能要求的匀质混凝土, 必须采用严格的施工工艺, 采用优质材料配制的、便于浇捣、不离析、力学性能稳定、早期强度高、具有韧性和体积稳定性等性能的耐久的混凝土, 特别适用于高层建筑、桥梁以及暴露在严酷环境中的建筑结构。

吴中伟院士综合以上论点, 对高性能混凝土提出以下定义: 高性能混凝土是一种新型高技术混凝土, 是在大幅度提高普通混凝土性能基础上采用现代混凝土技术制作的混凝土, 它以耐久性作为设计的主要指标。针对不同用途要求, 高性能混凝土对下列性能有重点地予以保证: 耐久性、工作性、适用性、强度、体积稳定性、经济性。

高性能轻集料混凝土 (high performance lightweight aggregate concrete, HPLWAC 或 HPLC) 概念的出现始于 20 世纪末期, 其基本内容与高性能混凝土大致相同。所谓的高性能轻集料混凝土的高性能要求同时包含以下两个方面: