

www.hustp.com

2008

张季超 裴 刚
杨作用 编

全国一级注册建筑师 执业资格考试

辅导教材 建筑材料 与构造

特提供网站增值服务

 **edu24ol**
com
环球职业教育在线

 **中华考试网**
www.cne163.com

《华中科技大学出版社

中国·武汉

TU/55
:2008(4)
2008

全国一级注册建筑师执业资格考试 辅导教材

——建筑材料与构造

张季超 裴刚 杨作用 编

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

全国一级注册建筑师执业资格考试辅导教材——建筑材料与构造 / 张季超 裴刚
杨作用编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-5609-4432-6

I. 全… II. ①张…②裴…③杨… III. ①建筑材料—建筑师—资格考核—自学参
考资料 ②建筑构造—建筑师—资格考核—自学参考资料 IV. TU5 TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字[2008]第 001814 号

全国一级注册建筑师执业资格考试辅导教材 ——建筑材料与构造

张季超 裴刚 杨作用 编

责任编辑: 翟永梅

责任校对: 孙超慧

封面设计: 张 璐

责任监印: 张正林

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074

销售电话: (010)64155566(兼传真), 64155588 - 8022

网 址: www.hustp.com

录 排: 天津市南智科技文化发展有限公司

印 刷: 天津泰宇印务有限公司

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印张: 17

字数: 435 千字

版次: 2008 年 1 月第 1 版

印次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价: 29.80 元

ISBN 978-7-5609-4432-6/TU·300

(本书若有印装质量问题, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是根据全国注册建筑师与工程师管理委员会颁发的《全国一级注册建筑师资格考试大纲》和新颁布的建筑设计、建筑结构、建筑设备、建筑施工等规范而编写的。全书共分3章,第1章概论、第2章建筑材料、第3章建筑构造,并配有大量练习题及分析解答,还配有一套模拟试题供读者自我检测。

本书内容丰富,概念清晰,叙述简明扼要,并紧扣新修订的“考试大纲”。它既可作为我国建筑技术人员参加全国一级注册建筑师资格考试的考前辅导材料,又可作为提高在职设计人员业务素质 and 技能的继续教育的教材。还可供从事建筑设计、建筑施工、科研、管理的人员及高等学校有关专业师生参考使用。

前 言

为了帮助准备参加我国一级注册建筑师执业资格考试的建筑工程技术人员进行考前复习,由广州大学组织有关专家、教授编写了这套全国一级注册建筑师考试辅导用。该系列书包括《建筑设计》、《建筑结构》、《建筑物理与建筑设备》、《建筑材料与构造》及《建筑经济、施工与设计业务管理》。编写时以新颁布的《全国一级注册建筑师资格考试大纲》为依据,并结合我国现行的有关法律、法规、规范与规程,力求贯彻少而精的原则,做到内容精练、概念清晰、文字叙述简明扼要。

本书为《建筑材料与构造》篇,分概述、建筑材料、建筑构造三章。每章后面附有练习题,可供读者检验复习效果,进一步明确有关的原理、概念和方法。练习题附有答案及解析,供读者参考。

参加本书编写工作的人员有(按章节前后顺序排列):第1章张季超、裴刚;第2章杨作用、张季超、裴刚;第3章裴刚、张季超。全书由张季超、裴刚统稿。

本书在编写过程中得到了广东省建设执业资格注册中心有关领导的指导及广州大学和华南科技大学出版社领导的支持,编写中参考了国内前几年正式出版的有关一级注册建筑师考试辅导教材和有关法律、法规、规范、手册及涉及一级注册建筑师考试的专业书籍(详见“主要参考文献”),在此一并表示感谢。由于编写时间仓促,书中难免有不足之处,恳请广大读者指正,并提宝贵意见。

编 者

2007年12月

目 录

1 概述	(1)
2 建筑材料	(2)
2.1 建筑材料的分类及与建筑工程的关系	(2)
2.1.1 建筑材料的分类	(2)
2.1.2 建筑材料与建筑工程的关系	(2)
2.2 建筑材料的性质	(2)
2.2.1 基本物理性质	(2)
2.2.2 材料的力学性质	(5)
2.2.3 材料的耐久性	(6)
2.3 常用材料的物理化学性能、材料规格、使用范围及其检验、检测方法	(6)
2.3.1 水泥	(6)
2.3.2 混凝土	(9)
2.3.3 建筑钢材的分类和性质	(15)
2.3.4 建筑钢材的技术标准及应用	(17)
2.3.5 木材	(19)
2.3.6 砌筑材料	(21)
2.3.7 防水材料	(23)
2.4 绿色建材	(26)
2.4.1 绿色建材的概念和意义	(26)
2.4.2 我国绿色建材的发展概况	(29)
2.4.3 环境标志产品(建材部分)技术要求	(29)
2.4.4 室内装饰装修材料有害物质限量标准	(31)
2.4.5 《民用建筑工程室内环境污染控制标准规范》中污染物浓度限量标准	(36)
练习题	(36)
3 建筑构造	(82)
3.1 一般建筑构造的原理与方法	(82)
3.1.1 建筑物的分类	(82)
3.1.2 建筑物的等级	(83)
3.1.3 建筑模数协调统一标准	(91)
3.2 常用材料的选用及其构造与连接	(93)
3.2.1 地基、基础和地下室构造	(93)
3.2.2 基础埋深的定位原则	(95)
3.2.3 基础的种类	(96)
3.2.4 地下室	(98)
3.2.5 墙体的构造	(108)

3.2.6	墙体的保温与节能构造	(109)
3.2.7	建筑物的抗震构造	(111)
3.2.8	墙体的隔声构造	(115)
3.2.9	墙体的细部构造	(117)
3.2.10	隔断墙	(121)
3.2.11	楼板、楼地面、底层地面和顶棚构造	(123)
3.2.12	预制钢筋混凝土楼层的构造	(123)
3.2.13	楼板上的地面与底层地面	(124)
3.2.14	室内楼板的顶棚做法	(133)
3.2.15	阳台和雨篷的构造	(134)
3.2.16	楼梯、电梯、台阶和坡道构造	(134)
3.2.17	楼梯的细部尺寸	(135)
3.2.18	板式楼梯与梁式楼梯	(136)
3.2.19	楼梯的细部构造	(137)
3.2.20	台阶与坡道	(137)
3.2.21	电梯与自动扶梯	(138)
3.2.22	屋面的构造	(138)
3.2.23	门窗选型与构造	(153)
3.3	建筑新技术、新材料的构造做法及其对工艺技术精度的要求	(157)
3.3.1	建筑工业化概述	(157)
3.3.2	框架大板建筑的构造要点	(159)
3.3.3	装配式大板建筑的构造要点	(161)
3.3.4	大模板建筑的构造要点	(162)
3.3.5	建筑装饰等级及用料标准	(163)
3.3.6	装饰工程做法要求汇集	(165)
3.3.7	老年人建筑的构造要点	(176)
3.3.8	方便残疾人使用的建筑设施	(179)
3.3.9	幕墙构造	(182)
3.3.10	民用建筑防火构造	(193)
练习题		(196)
附 模拟试题		(249)

1 概述

《建筑材料与构造》涉及的内容繁多,考试时间为 2.5 小时,共计 120 道题。

复习本书时,要认真理解《全国一级注册建筑师资格考试大纲》的要求。

了解建筑材料的基本分类;了解常用材料(含新型建材)的物理化学性能,材料规格,使用范围及其检验、检测方法;了解绿色建材的性能及评价标准。

掌握一般建筑构造的原理与方法,能正确选用材料,合理解决其构造与连接;了解建筑新技术、新材料的构造要点及其对工艺技术精度的要求。同时要认真阅读下列设计规范:屋面、地面、楼面、防水、装饰、砌体、玻璃幕墙等工程施工及验收规范有关部分。

2 建筑材料

2.1 建筑材料的分类及与建筑工程的关系

2.1.1 建筑材料的分类

建筑材料是指建筑结构物中使用的各种材料,它是一切建筑工程的物质基础。

建筑材料品种繁多,可从不同角度进行分类。如根据材料来源可分为天然材料及人造材料;根据材料的化学组成可分为无机材料、有机材料和复合材料;根据材料在建筑上的使用功能可分为结构材料、装修材料、防水材料、隔热材料等。

建筑结构材料是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱、基础、框架等所用材料。这类材料的质量好坏直接影响结构安全,因此,对它们的力学性能及耐久性,应特别予以重视。目前所用的结构材料主要有木材、砖、钢材、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。

墙体材料分为承重墙材料和非承重墙材料两类。目前所用墙体材料主要有各种砌墙砖(包括实心砖、空心砖)、各种砌块(包括中小型水泥混凝土砌块、硅酸盐砌块和石膏砌块等)、各种轻质隔墙板(包括石膏板、轻质空心条板、玻纤增强水泥板等)、各种新型薄板复合墙体(如纸面石膏板与岩棉、玻纤增强水泥与岩棉复合墙体等)四大类。

2.1.2 建筑材料与建筑工程的关系

建筑材料是建筑工程的物质基础,建筑材料的发展与建筑技术的进步有着不可分割的联系,它们互相制约、相互依赖、相互推动。新型建筑材料的诞生往往带来建筑结构设计方法和施工工艺的变革,而新的建筑设计方法和施工工艺又对建筑材料品种和质量提出更高、更多样化的要求。

随着建筑业的蓬勃发展,人们对建筑物的功能要求越来越高,自然地对材料也提出了更高的要求。因而许多轻质、高强、高效、节能而且具有各种特定功能的新型建筑材料不断涌现,建筑材料的生产和技术都跃上了一个新台阶。

2.2 建筑材料的性质

2.2.1 基本物理性质

1. 与材料结构状态有关的基本参数

①密度。指材料在绝对密实状态下单位体积内所具有的质量。 $\rho = \frac{m}{V}(\text{g/cm}^3)$ 。

②表观密度。指材料在自然状态下(包括内部孔隙)单位体积内所具有的质量,俗称容重。

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}(\text{kg/m}^3)。$$

③堆积密度。指散粒材料在自然堆积状态下(包括颗粒内部孔隙和颗粒间空隙)单位体积的质量,俗称松散容重。 $\rho_0' = \frac{m}{V_0'} (\text{kg/m}^3)$ 。

④密实度。指材料中固体致密体积占材料总体积的百分率。 $D = \frac{V}{V_0} \times 100\%$ 。

⑤孔隙率。指材料中孔隙体积占材料总体积的百分率。 $p = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = (1 - \frac{\rho_0}{\rho}) \times 100\%$ 。材料中的孔隙按其是否与外界连通分为与外界相连通的开口孔隙和与外界隔绝的封闭孔隙;按其孔径的大小分为大孔、毛细孔、微细孔等。材料的孔隙率和特征对材料性能影响很大,如对于同种材料而言,其孔隙率越大,则其表观密度越小,强度越低;孔隙中开口孔隙越多,则吸水率越大,耐水性、抗渗性、抗冻性越差,吸音性越好,隔热性越差;孔隙中封闭孔隙越多,则吸水率越小,耐水性、抗渗性、抗冻性、隔热性越好。

⑥空隙率。指散粒材料在自然堆积状态下、颗粒之间的空隙体积占总体积的百分率。

$$p_0' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\%。$$

2. 材料与水有关的性质

(1) 亲水性材料与憎水性材料

材料表面在空气中与水接触时,其表面分子对水分子的吸引力大于水分子的内聚力的材料为亲水性材料;反之,则为憎水性材料。通常以水滴在材料表面所形成的润湿边角(水滴表面的切线与材料表面所形成的夹角) θ 为依据, $\theta \leq 90^\circ$ 时为亲水性材料,而 $\theta > 90^\circ$ 时为憎水性材料,如图 2-1 所示。

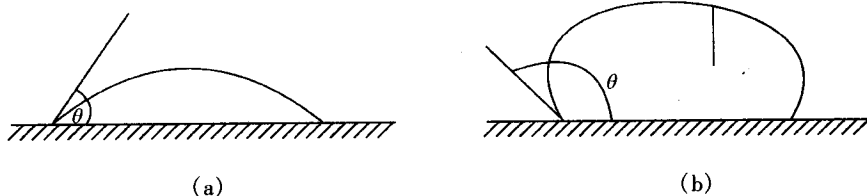


图 2-1 材料的润湿边角
(a)亲水性材料;(b)憎水性材料

憎水性材料如沥青等在建筑工程中不仅用做防水材料,而且还可用于亲水性材料的表面处理,以降低其吸水性。

亲水性材料如砖、木材等接触水后将吸收水分,其容重、体积、强度、吸音、隔热性能也都将随之发生变化。

(2) 吸水性与吸湿性

①吸水性。指材料在水中吸收水分的性能,其性能高低以吸水率表示。

$$\text{质量吸水率: } w_{\text{质}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

$$\text{体积吸水率: } w_{\text{体}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{V_0} \times 100\%$$

式中 $m_{\text{饱}}$ ——材料饱水状态下的质量(g);

$m_{\text{干}}$ ——材料干燥状态下的质量(g);

V_0 ——材料自然状态下的体积(cm^3)。

②吸湿性。指材料在潮湿空气中,吸收空气中水分的性质。

$$w_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中 $m_{\text{含}}$ ——材料吸收空气中水分后的质量(g);

$m_{\text{干}}$ 同上。

(3)耐水性

耐水性指材料长期在饱和水的作用下不破坏,而且强度也不显著降低的性质,称为耐水性,常用软化系数(K)表示。按下式计算:

$$K = \frac{f_{\text{cs}}}{f_{\text{cd}}}$$

式中 f_{cs} ——材料饱水状态的抗压强度(N/mm^2);

f_{cd} ——材料干燥状态的抗压强度(N/mm^2)。

软化系数的大小是确定材料可否用于受水浸泡或潮湿环境的重要依据。通常将 $k > 0.85$ 的材料,称为耐水材料。

(4)抗渗性

抗渗性指材料在压力水作用下,抵抗水渗透的性能。通常用渗透系数 K 或抗渗标号 S_n 表示。

$$K = Qd/(AHt)$$

式中 Q ——透水量(cm^3);

A ——透水面积(cm^2);

d ——试件厚度(cm);

H ——静水压力水头(cm);

t ——透水时间(h)。

抗渗标号 S_n ,表示材料所能承受的最大水压力数(MPa),如 $S_2, S_4 \cdots$ 分别表示能抵抗0.2, 0.4 $\cdots$ MPa的水压力。

地下建筑、基础、管道等经常受到水压力或水头差的作用,所用材料应具有一定的抗渗性。

(5)抗冻性

抗渗性指材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环而不破坏,强度也无显著降低的性质。通常用抗冻标号 D_n 表示,如 $D_{25}, D_{50} \cdots$,分别表示材料能承受反复冻融循环次数为25,50 $\cdots$ 。

3.与热有关的性质

(1)导热性

导热性指材料传导热量的性质。当材料两侧表面存在温度差时,热量会从材料的一面传到另一面。材料的导热性可用导热系数 λ 表示。

$$\lambda = \frac{Qd}{(t_2 - t_1)FZ}$$

式中 Q ——传导的热量(J);

$(t_2 - t_1)$ ——材料两侧的温差(K);

d ——材料的厚度(m);

F ——传热面积(m^2);

Z ——传热时间(s)。

建材导热系数大致在 $0.035 \sim 3.5$ 之间, $\lambda < 0.2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料为绝热材料。

导热系数 λ 与材料层厚度之比的倒数,称为热阻 R , $R = d/\lambda (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ 。它表明热量通过材料层时所受到的阻力。

(2) 热容量

热容量指材料受热时吸收热量,冷却时放出热量的性质,称为热容量。可用比热容表示。

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

式中 c ——比热容($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$);

Q ——材料吸收或放出的热量(J);

m ——材料的质量(kg);

$(t_2 - t_1)$ ——材料受热或冷却前后的温度差(K)。

比热 c 与材料质量 m 的乘积,称为热容量。材料的热容量对保持室内温度的稳定性、方便冬季施工等有很重要的作用。

2.2.2 材料的力学性质

1. 材料的强度

强度是指材料在经受外力作用时抵抗破坏的能力。根据外力施加方式的不同,材料的强度可分为静态强度和动态强度。静态强度是在外力逐渐增加的条件下所测得的强度,根据外力施加方向的不同又可分为抗拉、抗压、抗弯、抗剪等强度,通常用于承受静荷载时的结构计算;动态强度是单位时间内外力增量很大的条件下所测得的强度,如抗冲击强度、抗疲劳强度等,在承受动荷载的结构构件的设计中,应考虑材料的动态强度。

材料的强度一方面与其组成、结构与构造有关,另一方面受其使用环境(如温度、湿度等)和强度测试条件(如试件形状、大小、表面状况、加载速度等)的影响。故通常所说某种材料的强度是指这种材料按规定的试验方法制成标准试件进行试验所测得的强度值。

材料常根据其强度大小划分为若干不同的等级,俗称强度等级。如钢筋按抗拉时的屈服强度和抗拉强度(还有伸长率和冷弯性能)划分为四个等级;砖、砂浆、混凝土分别根据其抗压强度划分为若干强度等级;水泥则根据其抗折和抗压强度划分强度等级。

2. 材料的弹性与塑性

在外力作用下,材料产生变形,当变形不超过一定的范围时,如卸除外力的作用后,材料的几何形状能恢复原状,材料的这种性能称为弹性。外力卸除后即可消失的变形称为弹性变形。当卸除该外力后,材料仍残留一部分不能消失的变形时,该残留部分称为塑性变形。

在建筑材料中,几乎没有单纯的弹性材料。大部分固体材料(如低碳钢),在受力不大的情况下呈弹性变形,但当受力超过某一极限值(如钢材的弹性极限)后,则呈塑性变形。有的材料(如混凝土)受力后,弹性变形和塑性变形同时存在,当卸载后,弹性变形部分立即恢复,而塑性变形部分则残留下来,变成不可恢复的永久变形,这类材料被称为“弹—塑”性材料。

3. 材料的脆性与韧性

材料受力突然破坏,在破坏前无明显变形的现象称为脆性破坏。具有这种破坏特征的材料称为脆性材料。它的变形曲线如图 2-2 所示。脆性材料的抗拉强度一般要比其抗压强度低

得多,它对于承受震动和冲击荷载不利。这类材料有砖、石材、玻璃、铸铁等。

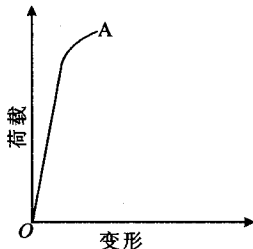


图 2-2 脆性材料的变形曲线

材料在冲击或震动荷载作用下,能吸收较大的能量,产生一定的变形而不破坏的性质称为韧性或冲击韧性。它可用材料受荷载达到破坏时所吸收的能量来表示。建筑钢材、木材等属于韧性材料。

一般而言,脆性大的材料,其韧性差。在结构设计中承受动荷载的结构物,应考虑所用材料的韧性。

2.2.3 材料的耐久性

建筑材料在使用过程中经受各种破坏因素的作用而能保持其使用性能的能力称为材料的耐久性。影响材料耐久性的因素有内部因素,如材料本身各组分和结构的不稳定、内部孔隙等,也有外部因素如温度、湿度变化,冻融循环,化学介质的侵蚀等。这些内外因素可归结为机械的、物理的、化学和物理化学的、生物的作用等。而各种建筑材料的化学组成和组织构造的差异很大,因此各种破坏因素对不同材料的破坏作用也是不同的。

在建筑材料所处的环境中,各种因素的破坏作用是错综复杂的,有时是几种破坏作用同时存在。一般是突出其中的一二种主要因素,对材料的耐久性进行评价,故耐久性指标包括材料的抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、抗老化性、耐溶蚀性、耐光性、耐磨性等。

2.3 常用材料的物理化学性能、材料规格、使用范围及其检验、检测方法

2.3.1 水泥

水泥呈粉末状,加入适量的水后可成为塑性浆体,不仅能在空气中硬化,而且能在水中更好地硬化,并且能保持和发展其强度。能将砂、石等散粒和块体材料牢固地胶结在一起的水硬性材料。

水泥品种很多,按其化学成分可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥等多种系列水泥。按其用途和性能可分为通用水泥、专用水泥和特性水泥等三大类,其中通用水泥指用于一般土建工程的水泥,如硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等;专用水泥指具有专门用途的水泥,如砌筑水泥、道路硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥等;特性水泥指具有比较突出的某种性能的水泥,如膨胀水泥、快硬硅酸盐水泥、抗硫酸盐水泥等。

1. 通用水泥

通用水泥的主要品种有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(简称普通水泥)、矿渣硅酸盐水泥

(简称矿渣水泥)、火山灰硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)、粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥)、复合硅酸盐水泥(简称复合水泥)。

(1) 生产工艺及熟料矿物组成

将钙质原料(如石灰石、白垩等)和硅质原料(如黏土等)按适当比例配合(有时还加入适量铁矿粉和矿化剂),经研磨制备成生料,入窑燃烧成熟料,再配以适量石膏,或根据水泥品种组成要求掺入混合材料,入磨机磨至适当细度,即制成水泥成品。整个生产工艺过程可概括为“两磨一烧”。

水泥的性能主要取决于熟料质量,优质熟料应该具备合适的矿物组成和良好的岩相结构。

熟料的主要矿物成分及其特性如表 2-1 所示。

表 2-1 硅酸盐水泥熟料的矿物组成及特性

矿物成分名称	简写	含量	水化速度	水化热	强度	收缩	耐密	耐腐蚀
硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	36 ~ 60	快	大	最高	中等	良好	中等
硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15 ~ 27	慢	小	早低、后高	小	较好	良好
铝酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7 ~ 15	最快	最在	低	大	一般	不好
铁铝酸四钙 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10 ~ 18	中	中	低	小	一般	好

由表可见,改变矿物成分的相对含量,可以得到不同性能的水泥。如提高 C_3S 的相对含量,可以制得快硬高强度水泥;减少 C_3A 和 C_3S 的含量,提高 C_2S 的含量,可以制得低热水泥;等等。

(2) 水泥的水化与凝结硬化

水泥 + 水 → 化学反应和物理化学变化 → 初凝 → 终凝 → 具有强度。

水泥加水后,熟料的矿物成分发生化学反应,水化后生成的主要水化物有水化硅酸钙和水化铁酸钙凝胶、氢氧化钙、水化铝酸钙和水化硫铝酸钙晶体。在完全水化的水泥石中, $\text{C}-\text{S}-\text{H}$ 凝胶约占 70%, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 约占 20%。

水泥的凝结硬化是一个复杂的物理化学过程。其特点是从水泥颗粒表面开始,逐渐往水泥颗粒的内核深入进行;开始时水化速度较快,强度增长快,但由于水化不断进行,堆积在水泥颗粒周围的水化物不断增多,阻碍水与水泥未水化部分的接触,水化减慢,强度增长也逐渐减慢,致使水泥颗粒的内核很难完全水化。因此,在硬化水泥石中,同时包含有水泥矿物水化的凝胶体和结晶体、未水化完的水泥残核、水(自由水和吸附水)和孔隙(毛孔、毛细孔和凝胶孔等)。

影响水泥凝结硬化的因素除矿物成分、用水量外,还有以下因素。

①石膏掺量。水泥中掺石膏可调节凝结硬化速度。适量石膏可延缓水泥的凝结,避免出现速凝现象。但若石膏过量,又会加快水泥凝结,还会在后期引起水泥石的膨胀而造成破坏。

②温度与湿度。环境的温度、湿度对水泥的凝结硬化有明显的影响。温度升高,水化加快,水泥强度增长也快。当温度低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,水化硬化大大减慢,温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,水化反应停止。潮湿环境下的水泥石,内部水分不易蒸发,能保持有足够的水分给水泥水化硬化,促进水泥石强度发展。保持环境的温度和湿度,使水泥石强度不断增长的措施,称为养护。水泥制品须加强养护,保证强度发展。

③养护时间。随着时间的延续,水泥的水化程度在不断增大,强度不断增长。加水后前 4 周内,水泥水化较快,强度增长也快,4 周之后显著减慢。但只要维持适当的温度和湿度,水泥

的水化不断进行,其强度在几个月、几年,甚至几十年后还会增长。

(3)常用水泥的选用

水泥品种主要根据混凝土工程特点及所处环境条件来选用,具体可参考表 2-2 选择。

表 2-2 常用水泥的选用

混凝土工程特别或所处环境条件		优先选用	可以使用	不得使用
普通混凝土	①在普通气候环境中的混凝土	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	
	②在干燥环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	③在高温环境中或永远处于水下的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥	
	④厚大体积的混凝土	粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	硅酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥
有特殊要求的混凝土	①要求快硬的混凝土	快硬硅酸盐水泥、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
	②高强(大于 C40 级)的混凝土	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	③严寒地区的露天混凝土,寒冷地区的处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥(强度等级 ≥ 32.5)	矿渣硅酸盐水泥(强度等级 ≥ 32.5)	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	④严寒地区处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥(强度等级 ≥ 42.5)		火山灰质硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	⑤有抗渗性要求的混凝土	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥	复合硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥
	⑥有耐磨性要求的混凝土	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(强度等级 ≥ 32.5)	矿渣硅酸盐水泥(强度等级 ≥ 32.5)	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

2. 其他品种水泥

(1)高铝水泥(矾土水泥)

高铝水泥的主要矿物组成为铝酸钙(其中 Ca 含量达 70%),故又称为铝酸盐水泥。

高铝水泥早期强度增长较快,24 h 即可达到其极限强度的 80%,故以 1 d 和 3 d 强度划分强度等级,有 42.5、52.5、62.5、72.5。宜用于紧急抢修工程与要求早强的特殊工程。但由于后期强度可能会下降,特别是在温度高于 30℃ 的湿热条件下,下降更为严重,甚至可能引起结构破坏,故应慎重选用。若需使用,应按最低稳定强度进行设计。高铝水泥硬化时放热量大且集中在早期放出,故适用于冬季施工的混凝土工程,不宜用于厚度超过 45 cm 的大体积混凝土构件。高铝水泥具有良好的抗硫酸盐侵蚀性,适用于有抗硫酸盐侵蚀要求的工程。其耐高温性能好,可制成使用温度达 1300~1400℃ 的耐火混凝土。

高铝水泥最适宜的硬化温度为 15℃,一般环境下不得超过 25℃,否则水化物发生转化引起强度下降。故高铝水泥配制的混凝土不能进行蒸汽养护,也不能在炎热季节进行施工。

此外,高铝水泥严禁与硅酸盐水泥或石灰等相混,也不得与尚未硬化的硅酸盐水泥混凝土接触使用,否则不仅会出现瞬凝现象,还会由于生成高碱性水化铝酸钙而使混凝土开裂、破坏,

造成强度剧烈降低的后果。

(2) 硫铝酸盐水泥

硫铝酸盐的主要矿物组成为 C_3A_3S 、 C_2S 、 C_3F 、 CaS 。可通过调节外掺石膏量制成不同类型的水泥,如随石膏外掺量增多,水泥可由早强变为微膨胀、膨胀或自应力水泥。

硫铝酸盐水泥凝结时间较快,初凝大于等于 25 min,终凝小于等于 180 min,初凝与终凝的间隔较短,一般约相差半小时。该水泥在 5℃ 能正常硬化,且水泥石致密度高,抗硫酸盐性良好。其水泥石在空气中收缩小,抗冻、抗渗性能良好,水泥石液相的 pH 值为 9.8 ~ 10.2,属于低碱水泥。该水泥可用于抢修工程、冬季施工工程、地下工程,配制膨胀水泥和自应力水泥等。可用于配制玻璃纤维砂浆,同时适合于堵漏工程和预制件拼装接头等。

其他还有快硬水泥、膨胀水泥等,为满足配制高性能混凝土的需要,日本已研制出了球状水泥、调粒水泥、活化水泥等。目前我国能生产的水泥约五六十种,因篇幅所限,不一一列举。

2.3.2 混凝土

混凝土是由胶凝材料和骨料按适当比例配合、拌制、成型硬化而成的人造石材。

混凝土按其干表观密度大小分为:重混凝土($\rho_0 > 2600 \text{ kg/m}^3$),用重晶石、钢屑等作骨料,对 x 射线和 γ 射线有较高的屏蔽能力;普通混凝土($\rho_0 = 1950 \sim 2500 \text{ kg/m}^3$),用普通砂石作骨料,在土建工程中广泛使用;轻混凝土($\rho_0 < 1950 \text{ kg/m}^3$),包括轻骨料混凝土、多孔混凝土和大孔混凝土,可用做结构材料和保温绝热材料。按用途和特性可分为防水混凝土、膨胀混凝土、耐热混凝土等。按组成材料可分为纤维增强混凝土、聚合物混凝土等。

混凝土具有许多优良性能,根据不同工程的要求,可配制各种不同物理力学性质的混凝土;在凝结前具有良好的可塑性,可浇制成各种形状和大小的构件或结构物;表面可做各种花饰,具有一定装饰效果;热膨胀系数与钢筋相近,且与钢筋有牢固的黏结力,两者结合制成钢筋混凝土;可浇筑成整体建筑物以提高抗震性,也可预制成各种构件再行装配;经久耐用,维修费用低;原材料广泛,价格较金属、木材和塑料低廉。但其同时由于混凝土具有上述优点,因此,它是一种主要的建筑结构材料,目前世界混凝土年用量约为 120 亿吨,为当代用量最大、用途最广的工程材料。

建筑工程中对混凝土质量的基本要求是:具有符合设计要求的强度;具有与施工条件相适应的施工和易性;具有与工程环境相适应的耐久性;在满足以上三项技术性质的条件下,应尽可能降低成本,节约能源。

1. 普通混凝土

普通混凝土(简称混凝土)是以水泥为胶结材料,以普通砂、石为骨料,加水拌和,经过浇筑成型,凝结硬化而成的水泥混凝土。其中砂、石材料占混凝土总体积的 80% 以上,主要起骨架作用。水泥与水形成的水泥浆包裹在骨料表面并填充空隙。在硬化前起润滑作用,使混凝土拌和物具有一定的和易性;硬化后,将砂、石胶结成一个整体。

混凝土的质量主要取决于组成材料的质量和材料间的配合比例,以及施工质量。

(1) 普通混凝土的组成材料

① 水泥。

② 水,凡符合国家标准的生活饮用水均可拌制各种混凝土。地表水和地下水首次使用前须进行检验合格后方可使用。海水可用于拌制素混凝土,但不得用于有饰面要求的混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土。工业废水经检验合格后可用于拌制混凝土,若不合格必须予以处

理,合格后方可使用。

③骨料,骨料粒径 $0.16\sim 5.00\text{ mm}$ 的为细骨料(俗称砂),粒径大于 5 mm 的为粗骨料(俗称石子)。对砂、石的质量要求如下。

a. 有害杂质。

骨料中的有害杂质如泥、泥块、云母、轻质物质、硫化物及硫酸盐、有机质等的含量必须分别控制在规定范围之内。对于重要工程混凝土所用粗、细骨料还应进行碱骨料活性检验。

b. 颗粒级配与粗细程度。

颗粒级配表示细骨料或粗骨料中大小颗粒搭配的情况。搭配得好即级配好,则骨料的空隙率小,需要填充其空隙的水泥浆则少,可达到节约水泥和提高混凝土强度的目的。故应对骨料的级配有要求。颗粒级配用级配区表示,采用筛分析法进行测定。

根据 0.63 mm 筛孔的累计筛余量分成三个标准级配区,要求混凝土用砂的颗粒级配,应处在三个级配区的任何一个内,否则,不符合级配区要求,则需采用人工级配的方法来改善。三个级配区中1区砂中粗骨料较多,适宜配制富混凝土和低流动性混凝土;2区砂粗细适中,级配较好,在混凝土中应用最多;3区砂细颗粒较多,配制混凝土需水量大,水泥用量偏高,干缩较大,易产生微裂缝。

砂的粗细程度指不同粒径的砂粒混合在一起后总体的粗细程度。用细度模数 M_x 表示。细度模数 M_x 越大,表示砂愈粗,在相同重量条件下,粗砂的总表面积较细砂小,因而用粗砂拌制混凝土比用细砂所需的水泥浆少。普通混凝土用砂的细度模数范围为 $3.7\sim 0.7$,其中 M_x 在 $3.7\sim 3.1$ 为粗砂, M_x 在 $3.0\sim 2.3$ 为中砂, M_x 在 $2.2\sim 1.6$ 为细砂, M_x 在 $1.5\sim 0.7$ 为特细砂。

将粗骨料的级配按供应情况分为连续级和单粒级两种。连续粒级的粗骨料中,含有各级大小不同的颗粒,又称为连续级配。连续级配的颗粒大小搭配合适,配制的混凝土拌合物的和易性较好,目前应用较广泛。单粒级使用时按比例组配成较大粒度的连续级,一般不单独使用。

粗骨料中公称粒级的上限称为该粒级的最大粒径,如 $5\sim 40\text{ mm}$ 的骨料,最大粒径为 40 mm 。当骨料粒径增大时,其比表面积随之减小,相应所需水泥浆或砂浆数量也减少,所以粗骨料最大粒径在条件允许情况下,应尽量用得大些。试验研究表明,最佳的最大粒径取决于混凝土的水泥用量。粗骨料最大粒径不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$,同时不得大于钢筋间最小净距的 $3/4$;对于实心板,最大粒径不宜超过板厚的 $1/2$,且不得超过 50 mm ;对于泵送混凝土,骨料最大粒径与输送管内径之比,碎石不宜大于 $1:3$,卵石不宜大于 $1:2.5$ 。

c. 强度与坚固性。

骨料在混凝土中起骨架作用,故要求有足够的强度与耐久性。粗骨料的强度可用岩石的立方体抗压强度和压碎指标值表示。骨料的坚固性用硫酸钠溶液法检验。

此外,对骨料的颗粒形状和表面特征也有要求,骨料颗粒形状以球形(或立方体)为好,粗骨料须控制针、片状颗粒含量。骨料颗粒表面光滑如河砂、卵石,拌制的混凝土拌合物流动性较好,但强度较差;碎石往往具有棱角,且表面粗糙,拌制的混凝土拌合物流动性较差,但其与水泥黏结较好,故强度较高。

(2) 混凝土的主要技术性质

① 混凝土拌合物的和易性。

和易性即工作性,是指混凝土拌合物易于施工操作并能获得质量均匀、成型密实的混凝土