

注册岩土工程师基础考试复习教程

2003 年版·下册

北京市注册工程师管理委员会

主编



人民交通出版社

China Communications Press

注册岩土工程师基础考试复习教程

2003 年版 · 下册

北京市注册工程师管理委员会

主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书由北京市注册工程师管理委员会(结构)组织编写,其编写人员全部是从从事2002年注册岩土工程师基础考试培训工作的专家和教授。本书内容吸取了已使用六年的注册结构工程师基础考试培训讲义的经验,现修订后组织出版,以利应考和培训之用。

本教程以考试大纲为依据,以现行规范、教材为基础进行编写,目的是为了指导考生复习,因此力求简明扼要,联系实际,着重于对概念和规范的理解运用,并注意突出重点。教程的每章后均附有参考习题,可作为考生检验复习效果和准备考试之用。

本书是参加注册岩土工程师基础考试人员的必备参考书。

本书分上、下二册,以统一定价出售。

图书在版编目(CIP)数据

注册岩土工程师基础考试复习教程下册:2003年版下册/北京市注册工程师管理委员会主编. —北京:人民交通出版社,2003.1

ISBN 7-114-04519-0

I. 注... II. 北... III. 岩土工程—工程技术人员—资格考核—自学参考资料 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 093515 号

Zhuce Yantu Gongchengshi Jichu Kaoshi Fuxi Jiaocheng

注册岩土工程师基础考试复习教程

(2003 年版·下册)

北京市注册工程师管理委员会 主编

正文设计:姚亚妮 责任校对:张莹 责任印制:张恺

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

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:41.25 数:1035 千

2003 年 1 月 第 1 版

2003 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:120.00 元(上、下两册)

ISBN 7-114-04519-0

注册岩土工程师基础考试复习教程
编 委 会

主任委员	魏成林				
副主任委员	于春普				
主 编	曹伟浚				
编 委	(以姓氏笔画为序)				
	于春普	刘世奎	乔春生	陈向东	
	钱民刚	曹伟浚	魏成林		

前 言

建设部和人事部决定自 2002 年起实施注册岩土工程师执业资格考试制度。

为了帮助岩土工程师们准备考试,北京市注册工程师管理委员会(结构)2002 年委托有关单位举办了注册岩土工程师考试辅导班。基础考试辅导班的教师都是本专业有较深造诣的教授和高级工程师,分别来自北京建筑工程学院、北京工业大学、北方交通大学、北京工商大学和北京市建筑设计研究院。教师们以考试大纲为依据,以现行规范、教材为基础,为学员们编写了考试复习教程。教程的目的是为了指导复习,因此力求简明扼要,联系实际,着重对概念和规范的理解应用,并注意突出重点概念。

本教程是在北京市注册工程师管理委员会(结构)的组织下,严格按考试大纲编写的,教程吸收了注册结构工程师基础考试复习教程教学 6 年的实践经验,深受学员们的欢迎。为满足更多应试考生复习的需要,我们组织教师对复习教程进行了全面修订,正式出版。参加本教程编写的教师如下:第一章微积分部分吴昌泽,线性代数部分贾玲华;第二章程学平;第三章毛怀珍;第四章刘燕;第五章钱民刚;第六章李兆年;第七章许小重;第八章许怡生;第九章陈向东;第十章朋改非;第十一章杨松林;第十二章李魁元;第十三章刘宝生;第十四章刘世奎;第十五章冯东;第十六章王健;第十七章吴景坤;第十八章乔春生。

为方便考生复习,本教程分上、下两册出版,上册包括第一至第九章,下册包括第十至第十八章。考生在复习本教程时,宜结合阅读相应的教材、规范。本教程每章后均附有参考习题,可作为考生检验复习效果和准备考试的参考。

北京市注册工程师管理委员会(结构)

2002 年 12 月

总 目 录

上 册

- 第一章 高等数学
- 第二章 普通物理
- 第三章 普通化学
- 第四章 理论力学
- 第五章 材料力学
- 第六章 流体力学
- 第七章 计算机应用基础
- 第八章 电工电子技术
- 第九章 工程经济

下 册

- 第十章 土木工程材料
- 第十一章 工程测量
- 第十二章 职业法规
- 第十三章 土木工程施工与管理
- 第十四章 结构力学
- 第十五章 结构设计
- 第十六章 土力学与基础工程
- 第十七章 工程地质
- 第十八章 岩体力学与岩体工程
- 附录一 注册土木工程师(岩土)执业资格考试基础考试大纲
- 附录二 注册土木工程师(岩土)执业资格考试基础考试参考书目

目 录

第十章 土木工程材料	1
第一节 材料科学与物质结构基础知识	1
第二节 气硬性无机胶凝材料	9
第三节 水泥	12
第四节 混凝土	23
第五节 沥青及改性沥青	39
第六节 建筑钢材	45
第七节 木材	54
第八节 石材	56
第九节 粘土	57
参考习题	60
答案	64
第十一章 工程测量	65
第一节 测量基本概念	65
第二节 水准测量	67
第三节 角度测量	71
第四节 距离测量	75
第五节 测量误差的基本知识	78
第六节 控制测量	81
第七节 地形图测绘	88
第八节 地形图应用	90
第九节 建筑工程测量	92
第十节 全球定位系统(GPS)简介	97
参考习题	99
答案	109
第十二章 职业法规	110
第一节 法规基本体系	110
第二节 与工程设计有关的法规	113
第三节 设计文件编制的有关规定	116
第四节 工程建设强制性标准的有关规定	117
第五节 注册建筑师的权利、义务及注册、执业等方面的规定	118
第六节 房地产开发程序	121
第七节 工程监理的有关规定	124
第八节 建设工程招投标方面的法律制度	126
第九节 勘察设计行业职业道德准则	132
参考习题	134
答案	136

第十三章 土木工程施工与管理	138
第一节 土石方工程、桩基础工程	138
第二节 钢筋混凝土工程与预应力混凝土工程	152
第三节 结构吊装工程与砌体工程	162
第四节 施工组织设计	170
第五节 流水施工原理	173
第六节 网络计划技术	178
第七节 施工管理	185
参考习题	190
答案	192
第十四章 结构力学	193
第一节 平面体系的几何组成分析	193
第二节 静定结构的受力分析与特性	195
第三节 结构的位移计算	208
第四节 超静定结构的受力分析与特性	215
第五节 结构的动力特性与动力反应	234
参考习题	240
答案	249
第十五章 结构设计	250
第一节 钢筋混凝土结构材料性能	250
第二节 基本设计原则	255
第三节 钢筋混凝土构件承载能力极限状态计算	262
第四节 正常使用极限状态验算	282
第五节 预应力混凝土	285
第六节 构造要求	299
第七节 单层厂房	299
第八节 钢筋混凝土多层及高层房屋	300
第九节 抗震设计要点	313
第十节 钢结构钢材性能	324
第十一节 钢结构基本构件	325
第十二节 钢结构的连接设计计算	330
第十三节 砌体结构材料性能	336
第十四节 砌体结构设计基本原则	339
第十五节 砌体墙、柱的承载力计算	339
第十六节 混合结构房屋设计	344
第十七节 砌体结构房屋部件	358
第十八节 砌体结构抗震设计要点	365
参考习题	371
答案	378
第十六章 土力学与基础工程	379

第一节	土的物理性质和工程分类	379
第二节	地基中的应力	386
第三节	土的压缩性与地基沉降	391
第四节	土的抗剪强度	398
第五节	地基承载力	400
第六节	土压力	405
第七节	边坡稳定	409
第八节	地基勘察	412
第九节	浅基础	414
第十节	深基础	434
第十一节	特殊性土	445
第十二节	地基处理	450
参考习题		457
答案		459
第十七章	工程地质	460
第一节	岩石的成因和分类	460
第二节	地质构造和地史概念	465
第三节	地貌和第四纪地质	470
第四节	岩体结构和稳定分析	476
第五节	动力地质	483
第六节	地下水	499
第七节	岩土工程勘察	508
第八节	原位测试技术	527
参考习题		534
答案		551
第十八章	岩体力学与岩体工程	554
第一节	岩石的基本物理、力学性质及试验方法	554
第二节	岩体工程分类	580
第三节	岩体的初始地应力状态	593
第四节	岩体力学在边坡工程中的应用	607
第五节	岩基的应力与稳定性分析	620
参考习题		633
答案		635
附录一	注册土木工程师(岩土)执业资格考试基础考试大纲	636
附录二	注册土木工程师(岩土)执业资格考试基础考试参考书目	645

第十章 土木工程材料

土木工程材料,又称建筑材料,是形成土木工程各种建筑物和构筑物的物质基础。材料的性能与质量直接影响着建筑结构的效能与使用寿命,依据结构的设计与使用要求合理地选用材料,将会产生良好的经济效益与社会效益。因此,无论是结构的设计还是施工,对建筑材料的使用与选择均占有重要的地位。要做到这一切,重要的一点是对建筑材料有全面与深入的了解。

本章将简要介绍主要建筑材料的组成及内部结构;基本性质及表征指标;并对建筑结构中常用的建材类型分述其性能与应用。

第一节 材料科学与物质结构基础知识

一、建筑材料的组成、结构及对材料性能的影响

建筑材料品种繁多,性质各异,在使用上差别很大。对建筑材料要做到深入了解、自如运用及不断开拓,就必须对材料的组成、结构及性能间的关系作本质的、理性的了解,这是材料科学的基本任务。

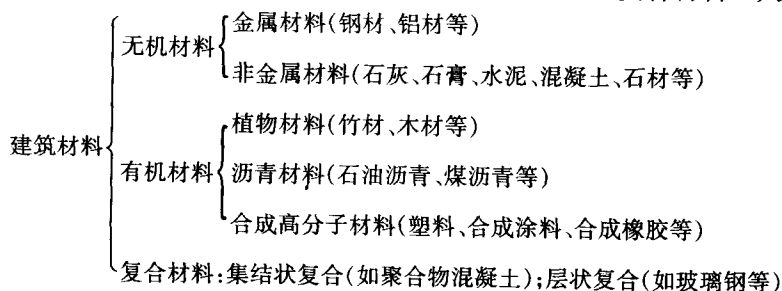
(一)建筑材料的组成

材料的成分组成是讨论其性能与结构的基础,这里所说的成分组成主要指化学成分与矿物成分两个方面。

1. 化学成分:建筑材料的化学成分大体上分为有机与无机两大类。前者如沥青中的 C-H 化合物及其衍生物,建筑涂料中的树脂等;而后者则如钢材料中的 Fe、C、Si、Mn、S、P 等元素。普通水泥则主要由 CaO 、 SiO_2 和 Al_2O_3 等形成的硅酸钙及铝酸钙组成。

化学成分对建筑材料的性能影响极大。众所周知,在一定范围内,钢材的强度随 C 含量的增加而提高,而塑性却下降;又如,石膏、石灰和石灰石主要化学成分分别为 CaSO_4 、 CaO 和 CaCO_3 ,因而,石膏、石灰易溶于水,且耐水性差,而石灰石则有良好的耐水性。石油沥青由 C-H 化合物及其衍生物组成,从而决定了它易于老化。

由于化学成分对建筑材料起本质的影响,所以,建筑材料的主要分类方法之一是以化学成分作为划分标准。按此标准,建筑材料分为无机材料、有机材料及复合材料三大类,详见如下:



2. 矿物成分:某些建筑材料,其性质主要取决于其矿物组成。例如,天然石材中的花岗岩,

其矿物组成主要是石英和长石,因此,它的强度高,抗风化性能好。又如,对于硅酸盐水泥来说,构成熟料的矿物成分中硅酸三钙含量较高,因此,硬化速度快,强度也较高。

(二)材料的微观结构及其对材料性质的影响。

建筑材料的结构按尺度可划分为三个层次:

- 微观结构:原子-分子尺度;
- 亚微观(细观)结构:光学显微镜尺度;
- 宏观结构:目测或放大镜尺度。

建筑材料的许多性质,如强度、硬度、导电性、导热性等,除受其组成的影响外,还取决于材料内部的微观结构。观察微观结构的主要工具是电子显微镜等,其分辨程度可达 $\text{\AA}$ (读“埃”, $1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$)。建筑材料主要为固态物质,即使是液体材料也必须固化后才能使用,固态物质可划分为晶体与非晶体两种结构。

1. 晶体结构

晶体结构的基本特征在于其内部质点(原子分子等)按一定规则排列,形成晶格构造。具体说来,内部质点具有长程有序(即沿特定的长度方向规则排布);以及平移有序(即晶格构形可以周期式平移)。而按排列规则的不同,又可分为立方晶系、斜方晶系、六方晶系等不同类型。晶体原子排列示例之一见图 10-1a)。

晶格构造使晶体具有一定的几何外形及各向异性,但因实际使用的晶体材料通常由众多细小晶粒杂乱排布而成(晶格随机取向),故在宏观上多呈现各向同性。晶体材料受外力可以发生弹性变形,但达到一定值时,则材料会沿内部的滑移面产生塑性变形。另外晶体具有一定的熔点且多具有良好的导电性与导热性,这也是与非晶体的主要差异。

晶体材料种类很多,金属材料、石英矿物、花岗石等石材都是晶体结构材料。

原子晶体:中性原子以共价键结合而成的晶体,如石英。离子晶体:正负离子以离子键结合而成的晶体,如 NaCl 。分子晶体:以范德华力即分子间力结合而成的晶体,如有机化合物。金属晶体:以金属阳离子为晶格,由金属阳离子与自由电子间的金属键结合而成的晶体,如钢铁。

2. 非晶态结构

非晶态物质的主体有玻璃体和胶体两类,玻璃体中原子呈完全无序排列,故又称为无定形体。它由熔融物质经急冷形成。建筑用玻璃是玻璃体的重要代表,此外,火山灰、矿棉、岩棉、粒化高炉炉渣也属玻璃体。玻璃体原子排列的无序性示意图见图 10-1b)。

玻璃体的特点之一是各向同性,如导热性无方向差异,但一般说来较晶体材料为低,故有良好的保温隔热性能。玻璃体无固定的熔点,但化学活性较高。

胶体由众多细小固体粒子(粒径约在 $1\sim 100\mu\text{m}$)分散在连续介质中而成。建材中的固体沥青,固化后的水玻璃,水泥石中的水化硅酸钙等都属胶体。

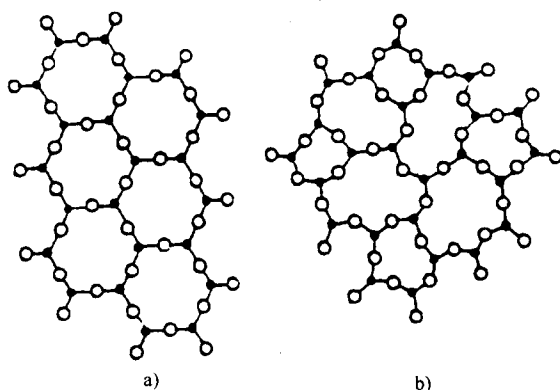


图 10-1 晶体非晶体的原子排列示意图

a)晶体;b)非晶体(玻璃体)

胶体多具有良好的吸附力和较强的粘结力,这是由于胶体的质点微小,总表面积很大,因而表面能很大的缘故。

如果胶体中的微粒可做布朗运动时,即成为溶胶。溶胶可流动,而溶胶脱水或微粒因凝聚而不再做布朗运动时,则成为凝胶。凝胶完全脱水后则成为干凝胶体,具有固体的性质,可产生一定的强度。硅酸盐水泥主要水化物的最后形式即为干凝胶体。

我们接下去剖析材料微观结构中原子间的结合力。这种结合力有多种形式,但都具备电的性质,如离子键(正负离子间的静电引力);共价键(共用电子来结合);金属键(由自由电子与金属阳离子间的库仑力结合);分子键(又称次价键、范德华键,由非对称分布产生的分子极化产生结合力)。在建筑材料中多为几种键的复合。

(三)材料的亚微观结构及其对性质的影响

材料在亚微观尺度上的结构同样值得重视。例如,金属材料的晶粒粗细及金相组织直接影响其强度、硬度、韧性;又如,木材的纤维状细胞组织对强度、导热性起支配作用。

(四)材料的宏观结构及其对性质的影响

宏观结构一般用肉眼或放大镜可以观察,在建筑材料中多注重观察密实性、多孔性、构造形式(如层状、粒状、纤维状等)。

材料的密实性好是指其结构致密,如钢材、天然石材等。其特点是强度高、硬度大、吸水性小、耐磨、抗渗、抗冻,但隔热性能差。

材料的孔隙特征包括内部孔隙的分布状况和连通状况。多孔材料的例子有加气混凝土、烧结普通砖、石膏制品等。多孔材料绝热性能好,但吸水性大、抗冻性较差,一般说来其强度较低。

建筑材料宏观构造形式与其性能有密切的关系。多层胶合板比单层板的强度、抗翘曲性均好得多。松散的粒状材料,如陶粒、膨胀珍珠岩等则适于作绝热材料;而密实的粒状材料,如砂子、石子则适于作混凝土的骨料,承重作用好。

有许多建筑材料其宏观结构具有纹理形式,如大理石、木材、花岗石板材,或人造板材等,它们的表面有自然形成或人工形成的各种条纹,因而作为装饰材料在建筑结构中广泛使用。

由本节的简要综述,我们可以看出,建筑材料的性质,就根本来说,取决于其内部(或自身)的构造。无论在什么尺度上的结构,都会在不同的方面影响其性能,或者说,材料的内部结构是材料性质的内因,是理解与运用材料的基础。在随后各节有关性能指标的学习中,以及各种重要材料的分论中,都要以这个基本观点与方法来作为理解与掌握的基础。

二、建筑材料的基本性质

各种建筑物均由建筑材料构建而成。不同的建筑物有不同的功能要求,即使是同一建筑物,其不同部位所起的作用也会有所不同。实现各种功能要求的基本手段之一是合理运用建筑材料。还需指出,不同的建筑物所处的工作环境不尽相同,而且建筑物还要历经寒暑季节的变化。因此,对建筑材料基本性质的要求是多方面的,如物理性质、力学性质、耐久性、防火性、装饰性等。

本节将简要介绍这些基本性质及其指标,并对其中最重要的指标的测定与计算做扼要叙述。

(一)建筑材料的物理性质

1. 材料的密度,表观密度与堆积密度

(1)密度:密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积的质量,可用下式表示:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (10-1)$$

式中: ρ ——密度(g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g);

V ——干燥材料在绝对密度状态下的体积(cm^3)。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积,在测量有孔材料的实体积时,须将材料磨成细粉,干燥后用李氏瓶(排液置换法)测定。

(2)表观密度(原称“容重”):表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量,可用下式表示:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (10-2)$$

式中: ρ_0 ——表观密度($\text{g}/\text{cm}^3, \text{kg}/\text{m}^3$);

m ——材料的质量(g, kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(指包含内部孔隙的体积)(cm^3, m^3)。

材料的表观密度的大小与其含水情况有关,应予以注明,通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。

(3)堆积密度:堆积密度是粉状或粒状材料的一个指标,在堆积状态下,单位体积的质量。可用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (10-3)$$

式中: ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料在堆积状态下的体积(m^3)。

2. 孔隙率与空隙率

(1)孔隙率:孔隙率是指材料中孔隙体积占总体积的比例,可按下式计算:

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (10-4)$$

材料中固体体积占总体积的比例,称为密实度,密实度 $D = 1 - P$,即材料的密实度 + 孔隙率 = 1。

材料的孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率的大小及孔隙本身的特征(孔隙构造与大小)对材料的性质影响较大。

(2)空隙率

空隙率是指散粒材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积占总体积的比例。可按下式计算:

$$\text{空隙率 } P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \quad (10-5)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。在混凝土中,空隙率可作为控制砂石级配及计算混凝土砂率的依据。

3. 材料的亲水性与憎水性

材料表面与水或空气中的水汽接触时,产生不同程度的润湿。材料表面吸附水或水汽而润湿的性质与材料本身的性质有关。材料能被水润湿的性质称为亲水性,材料不能被水润湿的性质称为憎水性,一般可以按润湿边角的大小将材料分为亲水性材料与憎水性材料两类。润湿边角指在材料、水和空气的交点处,沿水滴表面的切线与水和固体接触面所成的夹角 θ ,见图 10-2。

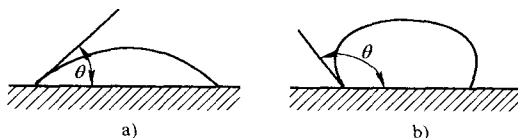


图 10-2 材料润湿示意图
a) 亲水性材料; b) 憎水性材料

亲水性材料水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力,表面易被水润湿,且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。建筑材料大多为亲水性材料,如砖、混凝土、木材等,少数材料如沥青、石蜡等为憎水性材料。憎水性材料有较好的防水效果。

4. 材料的吸水性与吸湿性

(1) 吸水性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性,吸水性的大小用吸水率表示。吸水率是指材料浸水后在规定时间内吸入水的质量占材料干燥质量或材料体积的百分率。工程用建筑材料一般均采用质量吸水率。

$$\text{质量吸水率 } W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (10-6)$$

式中: m_1 ——材料吸水饱和状态下的质量(g);

m ——材料干燥状态下的质量(g)。

材料的吸水性与材料的亲水、憎水性有关,还与材料的孔隙率的大小、孔隙特征有关。对于细微连通孔隙,孔隙率愈大,则吸水率愈大。封闭孔隙,水分不能进入,粗大开口孔隙,水分不能存留,吸水率均较小。因此,具有很多微小开口孔隙的亲水性材料,其吸水性特别强。

(2) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。常用含水率表示,可用下式计算:

$$\text{含水率 } W = \frac{m_{\text{湿}} - m}{m} \times 100\% \quad (10-7)$$

式中: $m_{\text{湿}}$ ——材料吸收空气中水分后的质量(g);

m ——材料烘干至恒重时质量(g)。

材料的含水率随空气湿度和环境湿度变化而变化,也就是水分可以被吸收,又可向外界扩散,最后与空气湿度达到平衡。与空气湿度达到平衡时的含水率称为材料的平衡含水率。

材料的吸水性与吸湿性均会导致材料其他性质的改变,如材料自重增大,绝热性、强度及耐久性等产生不同程度的下降等。

5. 材料的耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数 K 表示:

$$K = \frac{\text{材料在吸水饱和状态的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}} \quad (10-8)$$

软化系数的大小表示材料浸水饱和后强度降低的程度,其范围波动在 0 至 1 之间,软化系数愈小,说明材料吸水饱和后的强度降低越多,耐水性则愈差。对于经常处于水中或受潮严重的重要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.85;受潮较轻或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.75。

6. 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或不透水性)。材料的抗渗性常用渗透系数表示。

$$k = \frac{Qd}{AtH} \quad (10-9)$$

式中: k ——材料的渗透系数(cm/h);

Q ——渗水量(cm^3);

d ——试件厚度(cm);

H ——静水压力水头(cm);

t ——渗水时间(h);

A ——渗水面积(cm^2)。

渗透系数愈大,表明材料渗透的水量愈多,抗渗性则愈差。

抗渗性也可用抗渗等级表示,抗渗等级是以规定的试件、在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定,以符号 S_n 表示,其中 n 为该材料所能承受的最大水压力的 0.1MPa 数,如普通混凝土的抗渗等级为 S_6 ,即表示混凝土能承受 0.6MPa 的压力水而不渗透。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率及孔隙特征有关。孔隙率较大且是连通的孔隙的材料,其抗渗性较差。

抗渗性是决定材料耐久性的主要指标,对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,所以要求材料具有一定的抗渗性。对于防水材料,则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质,也属抗渗性。

7. 材料的抗冻性

材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环(冻结与融化)作用而不破坏,强度也无显著降低的性质,称为材料的抗冻性。

材料受冻融破坏是由于材料孔隙中的水结冰造成的。水结冰时体积增大约 9%,当材料孔隙中充满水时,由于水结冰对孔壁产生很大的压力,而使孔壁开裂。

材料的抗冻性用抗冻等级 D_n 表示, n 为最大冻融次数,如 D_{25} 、 D_{50} 等。一般规定材料在经受若干次冻融循环后,质量损失不超过 5%,强度损失不超过 25%时,认为抗冻性合格。对于水工及冬季气温在 -15°C 的地区施工应考虑材料的抗冻性。

材料的抗冻性的高低,取决于材料孔隙中被水充满的程度和材料对因水分结冰体积膨胀所产生压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料,对于抵抗大气温度变化、干湿交替等风化作用的能力较强,所以抗冻性常作为考察材料耐久性的一项指标。处于温暖地区的建筑物,虽无冰冻作用,为抵抗大气的作用,确保建筑物的耐久性,有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

8. 材料的导热性

在建筑中,除了满足必要的强度及其他性能的要求外,建筑材料还必须具有一定的热工性质,以达到降低建筑物的使用能耗、创造适宜的生活与生产环境。导热性是建筑材料的一项重要热工性质。

导热性是指当材料两侧存在温度差时,热量从温度高的一侧向温度低的一侧传导的性质。材料的导热性通常用导热系数 λ 表示。匀质材料导热系数的计算公式为:

$$\lambda = \frac{Qa}{At(T_2 - T_1)} \quad (10-10)$$

式中: λ ——导热系数(热导率)(W/(m·K));

Q ——传热量(J);

A ——热传导面积(m²);

t ——热传导时间(h);

a ——材料厚度(m);

$(T_2 - T_1)$ ——材料两面温度差(K)。

材料的导热系数愈大,材料的导热性愈好,导热系数愈小,则材料的绝热性能愈好,绝大多数建筑材料的导热系数介于 0.023 ~ 3.49(W/(m·K))之间,通常把导热系数小于 0.23 的材料称为绝热材料。

影响材料导热系数的因素有分子结构、孔隙率及孔隙特征、材料的温度等。由于密闭空气的导热系数很小(0.023),所以,材料的孔隙率较大时,其导热系数较小。但若孔隙粗大或贯通,由于对流作用的影响,材料的导热系数反而提高。由于水和冰的导热系数比空气的导热系数高很多(分别为 0.58 与 2.20),材料受潮或受冻后,其导热系数大大提高,因此,绝热材料在贮存、使用中必须防水防潮。

(二)建筑材料的力学性质

1. 材料的强度与等级

材料在外力(荷载)作用下,抵抗破坏的能力称为材料的强度。当材料承受外力作用时,内部就产生应力。外力逐渐增加,应力也相应地加大,直到质点间作用力不再能够承受时,材料即破坏,此时极限应力值就是材料的强度。

根据外力作用方式的不同(见图 10-3),材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等。

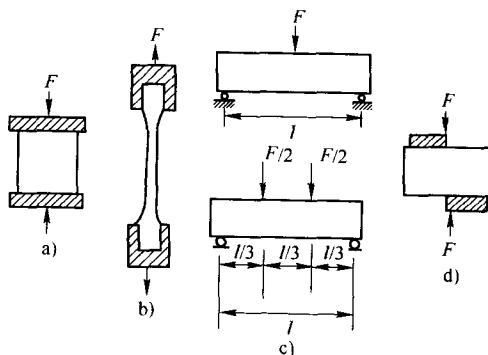


图 10-3 材料受力示意图

a)压力;b)拉力;c)弯曲;d)剪切

材料的抗压强度(f_c)、抗拉强度(f_t)及抗剪强度(f_v)的计算公式如下:

$$f = \frac{F}{A} \quad (10-11)$$

式中: F ——材料破坏时最大荷载(N);

A ——材料受力截面面积(mm²)。

材料的抗弯强度与受力情况有关,通常将条形试件放在两支点上,中间作用一集中荷载,称为三点弯曲,抗弯强度计算式为:

$$f_{lm} = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (10-12)$$

也有时在跨度的三分点上作用两个相等集中荷载,称为四点弯曲,则其抗弯强度计算式为:

$$f_{\text{tm}} = \frac{Fl}{bh^2} \quad (10-13)$$

式中: f_{tm} ——抗弯强度(MPa);

F ——弯曲破坏时最大荷载(N);

l ——两支点间的跨距(mm);

b, h ——试件横截面的宽及高(mm)。

各种建筑材料的强度特点差异很大,为了使用方便,建筑材料常按其强度大小划分为若干个等级,例如硅酸盐水泥按抗压和抗折强度分为六个等级,普通混凝土按其抗压强度分为十二个强度等级。

建筑材料的强度等级,是掌握材料性质,合理选用材料,以及结构设计和施工控制的重要依据,也是生产材料的质量控制的依据。

2. 影响材料强度的主要因素

(1) 材料的组成与结构

固体材料的强度多取决于其结构质点(原子、离子、分子)之间的相互作用力。以共价键或离子键结合的晶体,其结合力较强,而以分子键结合的晶体,其结合力较弱。

材料受外力作用产生破坏的原因,主要是由于拉力造成的结合键断裂,或是由于剪力造成质点间的滑移而破坏,而受压材料的破坏,实际上也是由压力引起内部产生拉应力或剪应力所造成。

材料的实际强度远远低于理论强度,这是由于材料实际结构中存在许多缺陷(如晶格错位、杂质、孔隙、微裂缝等)的缘故。缺陷使实际受力面积小于表观受力面积,同时缺陷处往往造成应力集中,成为材料破坏的引发源。例如裂缝端部的局部应力大大超过平均应力,引起裂缝不断扩展、延伸以至相互连通起来,最后导致材料破坏。

通常,对于同一种材质的材料,如其孔隙率在一定范围内变化,则这种材料的强度与孔隙率有显著的相关性,即孔隙率越大,则强度越低。

(2) 试验条件

如试件的形状和尺寸、试验时的温度和湿度、加荷速度、试件表面状况、试件含水状况等都对试验结果有影响。为了使试验结果比较准确,且具有可比性,在测定材料强度时,必须严格按照规定的试验方法进行。

3. 材料的变形性能

(1) 弹性与塑性

在外力作用下,材料产生变形,外力取消后变形消失,材料能完全恢复原来形状的性质,称为弹性。这种外力去除后即可恢复的变形称为弹性变形,属可逆变形,其数值大小与外力成正比,其比例系数 E 称为材料的弹性模量。在弹性变形范围内, E 为常数,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (10-14)$$

式中: σ ——材料的应力(MPa);

ϵ ——材料的应变。

弹性模量 E 是衡量材料抵抗变形能力的一个指标, E 愈大,材料愈不易变形。

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,有一部分变形不能恢复,这种性质称为材料的塑性,这种不能恢复的变形称为塑性变形,属不可逆变形。