

高等学校教材

建筑材料

邢振贤
霍洪媛
盖占方

主编



中国物资出版社

高等学校教材

建 筑 材 料

邢振贤 霍洪媛 盖占方 主编

中国物资出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/邢振贤 等编著. —北京:中国物资出版社,1999

ISBN 7-5047-1606-5

I. 建… II. 邢… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 15019 号

中国物资出版社出版

北京市西城区月坛北街 25 号 邮编:100834

全国各地新华书店经销

郑州市中兴印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.0 字数:320千字

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-5047-1606-5/TU·0014

印数:0001—2000 册

定价:16.80 元



前 言

建筑材料是高等学校土木类专业的一门技术基础课。近年来,随着建筑设计、工程施工和建筑材料工业的发展,新技术、新材料、新标准不断出现,同时,国家对不少原有标准和规范进行了修订,对高等学校专业目录进行了较大力度的调整。为适应社会对人才需求的变化和教学对教材的迫切要求,特邀请多年从事建筑材料课程教学工作的教师编写了此书。

本书主要讲述土木工程中常用建筑材料的成分、生产过程、技术性能、质量检验及运输保管等基本知识。其中以材料的技术性能、质量检验和使用保管为重点。在编写过程中,注重教材内容的实用性,力求引用现行国标、部标和最新规范。在章节安排上,把试验有龄期要求的内容提前,以便安排试验课。为开阔学生思路和视野,介绍了部分材料科学的新成就,如高强混凝土、高性能混凝土等。为便于学生复习和自学,每章末编写有适量的复习思考题。

本书主要适用于“土木工程”、“水利工程”、“岩土工程”、“给水排水工程”和“建筑学”等专业的教学,也可作为其它相关专业的教学参考用书。

本书由华北水利水电学院邢振贤、霍洪媛和盖占方主编,河海大学梁正平教授主审。各章编写人员为:

绪论、第一章、第六章、第十一章中第一节、第十二章——邢振贤(华北水利水电学院);第四章中第4节~第7节、第七章——霍洪媛(华北水利水电学院);第二章、第三章中第1节~第2节、第十一章中第2节——马彬(郑州工业大学);第三章中第3节~第4节、第四章中第1节~第2节——李昭(郑州粮食学院);第四章第3节、第十章及全书绘图工作——陈爱玖(华北水利水电学院);第五章、第八章、第九章——张华(北京二七机车车辆厂材料处);建筑材料试验——盖占方(华北水利水电学院),最后由邢振贤统稿和修编定稿。

本书在编写过程中,参考了近年来最新的建筑材料教材和部分科研、生产单位的成果资料,在此表示诚挚地谢意!

特别要感谢河海大学梁正平教授在百忙之中精心审校了书稿,对本书提出了宝贵意见,使本书结构更趋严谨,整体质量有较大提高。同时要感谢华北水利水电学院图书馆刘香月、李凌杰、冯有利三位老师的大力帮助。

本书虽经编者努力,但缺点、错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1999年3月

目 录

绪 论	1
第一章 建筑材料的基本性质	4
第一节 材料的物理性质	4
第二节 材料的力学性质	6
第三节 材料与水有关的性质	10
第四节 材料的热工性质	12
第五节 材料的耐久性	14
第六节 材料的其它性质	14
第七节 材料的组成、结构和构造	16
复习思考题	18
第二章 气硬性胶凝材料	19
第一节 石 灰	19
第二节 建筑石膏	21
第三节 水玻璃	22
第四节 镁质胶凝材料	23
复习思考题	23
第三章 水 泥	24
第一节 硅酸盐水泥	24
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	33
第三节 特性水泥与专用水泥	37
第四节 水泥的应用	44
复习思考题	48
第四章 混凝土	49
第一节 概 述	49
第二节 混凝土的组成材料	50
第三节 混凝土的主要技术性质	59
第四节 混凝土的质量控制	76
第五节 混凝土的配合比设计	80
第六节 混凝土外加剂	87
第七节 其它品种的混凝土	90
复习思考题	107
第五章 建筑砂浆	110
第一节 砌筑砂浆	110
第二节 其它砂浆	113
复习思考题	114
第六章 沥青及沥青防水材料	115
第一节 石油沥青及煤沥青	115
第二节 沥青防水材料	119

复习思考题	126
第七章 建筑塑料	127
第一节 塑料的特性与组成	127
第二节 常用的建筑塑料	129
第三节 塑料制品	130
复习思考题	133
第八章 建筑钢材	134
第一节 钢铁生产的基本知识	134
第二节 钢材的技术性能	135
第三节 建筑钢材的分类、牌号与应用	136
第四节 钢材的腐蚀及防腐措施	143
复习思考题	144
第九章 木 材	145
第一节 木材的构造	145
第二节 木材的物理和力学性质	146
第三节 木材的应用	149
复习思考题	151
第十章 烧土制品	151
第一节 砖	152
第二节 瓦	155
第三节 建筑玻璃	156
复习思考题	157
第十一章 绝热材料和吸声材料	158
第一节 绝热材料	158
第二节 吸声材料	162
复习思考题	166
第十二章 装饰材料	167
第一节 装饰材料的功能与选择	167
第二节 常用装饰材料	169
复习思考题	172
建筑材料试验	173
试验一 试验条件对实测抗压强度结果的影响	174
试验二 水泥试验	175
试验三 混凝土用砂和石试验	182
试验四 水泥混凝土试验	186
试验五 砌筑砂浆试验	192
试验六 沥青试验	194
试验七 普通粘土砖试验	196
试验八 钢筋试验	198
主要参考文献	201

绪 论

一、建筑材料的定义和分类

建筑材料是指各类建筑工程中应用的各种材料及其制品,它是一切工程建设的物质基础。建筑材料质量的提高和新型建筑材料的开发与应用,直接影响着国民经济的发展乃至人类社会文明的进步。

由于建筑材料种类繁多,为便于叙述、研究和使用,常从不同的角度对建筑材料进行分类。最常用的分类方法是按化学成分和使用性能来分类。

根据材料的化学成分,建筑材料可分为三大类,如表 0—1 所示。

表 0—1 建筑材料的分类

无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁及其合金
		有色金属	铝、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材	砂石料及石材制品等
		烧土制品	砖、瓦、玻璃等
		胶凝材料	石灰、石膏、水泥等
有机材料	植物材料		木材、竹材等
	沥青材料		石油沥青、煤沥青及沥青制品
	高分子材料		塑料、合成橡胶等
复合材料	非金属材料与非金属材料复合		水泥混凝土、砂浆等
	无机非金属材料与有机材料复合		玻璃纤维增强塑料、聚合物水泥混凝土、沥青混凝土等
	金属材料与无机非金属材料复合		钢纤维增强混凝土等
	金属材料与有机材料复合		轻质金属夹芯板等

根据材料在建筑上的使用性能,大体上也可分为三大类,即结构承重材料、墙体围护材料和建筑功能材料。结构承重材料是指构成建筑物受力构件和结构所用材料,如梁、板、柱等所用的材料,这类材料要有比较好的强度和耐久性。根据我国国情,现在和将来相当长的时期内,钢筋混凝土(含预应力钢筋混凝土)将是我国建筑工程的主要结构材料。墙体围护材料在建筑中起围护、分隔和承重作用。这类材料一是要有必要的强度,二是要有较好的绝热性能和隔音吸声效果。我国目前大量采用的墙体材料为粘土砖、混凝土和加气混凝土砌块。国家大力提倡开发和使用混凝土大墙板、复合墙板、空心粘土砖、炉渣砖、煤矸石砖、粉煤灰砖等具有工业化生产水平高、施工速度快、绝热性能好、节省资源能源、保护耕地等特点的新型墙体材料。建筑功能材料是指担负某些建筑功能的非承重材料。这些材料在某些方面要

有特殊功能,如防水、绝热、吸声、隔音、采光、装饰等。

一般讲,建筑物的安全性与可靠度主要取决于结构承重材料,而建筑物的使用功能与建筑质量水平决定于建筑功能材料。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,人们将更加重视建筑物的使用功能。因此,建筑功能材料也是今后建筑材料的一个主要开发和研究方向。

二、建筑材料在建筑工程中的地位

建筑材料是各项基本建设的重要物质基础,一项工程中用于材料的费用占工程投资的比例高达60%左右。同时,建筑材料品种、质量及规格,直接影响着各项建筑工程的坚固、耐久、适用、美观和经济性,并在一定程度上影响着建筑工程的结构形式与施工方法。建筑工程中许多技术问题的突破,往往依赖于建筑材料问题的解决;而新的建筑材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。例如,混凝土外加剂的出现,使混凝土科学以及以混凝土为基础的结构设计和施工技术有了快速发展。混凝土减水剂,尤其是高效减水剂的问世与使用,使混凝土强度等级由C25左右迅速提高到C60~C80,甚至C100以上。混凝土的高强度化,使混凝土建筑的层高由五、六层增加到五、六十层,促进了结构设计的进步。同时,高效减水剂的推广应用,可使混凝土流动度大大提高,以此为基础发展起来的喷射混凝土、泵送混凝土,近年来在隧道衬砌和高层建筑施工中发挥着愈来愈大的作用,带动了施工技术的革新。因此,建筑材料生产及其科学技术的迅速发展,对于社会主义现代化建设,具有重要的推动作用。

三、建筑材料的发展趋势

建筑材料的发展经历了漫长的历史。古代人类只会利用天然材料搭建一些非常简陋的房屋。在封建社会,“秦砖汉瓦”和石灰、石膏的烧制,使建筑材料由天然材料进入人工生产建筑材料阶段,为较大规模的房屋建造创造了基本条件。但这个时期建筑材料发展缓慢。进入十八、十九世纪,工业革命兴起,促进了工商业和交通运输业的蓬勃发展,原有的建筑材料已不能满足社会的需要,在其它科学技术的推动下,建筑材料进入了一个新的发展时期,钢铁、水泥和混凝土这些具有优良性能的无机材料相继问世,为现代建筑奠定了基础。进入二十世纪,社会生产力的提高和高新科学技术的进步,尤其是材料科学与工程学的形成与发展,使无机材料的性能和质量不断改善,品种不断增加。特别是以有机材料为主的化学建材的异军突起,使高性能和多功能的新型建筑材料有了长足的发展。化学建材解决人类的居住问题,已经提到日程上来。

改革开放以来,我国的建筑材料业有了很大发展,促进了建筑技术的进步。例如以水泥混凝土为基础发展起来的泵送混凝土成功地应用在上海南浦大桥和广州白天鹅宾馆这类高层建筑的施工上;喷射混凝土、防水混凝土在地下工程建设中得到推广应用;碾压混凝土已成为坝工建设的热门材料,大有取代传统塑性混凝土柱状浇注的趋势;高强混凝土、高性能混凝土相继登台亮相,有望成为二十一世纪混凝土科学的重头戏。

根据我国国情,今后我国建筑材料的发展趋势是,在原材料方面,要充分利用再生资源及工农业废渣废料,保护土地资源;在生产工艺方面,要大力引进现代技术,改造和淘汰陈旧设备,降低原材料及能源消耗,减少环境污染,维护社会的可持续发展;在性能方面,要力

求产品轻质、高强、耐久、美观和高性能化、多功能化;在产品型式方面,要积极发展预制装配技术,逐步提高构件尺寸和单元化水平;在研究方向方面,积极研究和开发化学建材和复合材料,促进新型建筑材料的发展。

建筑材料 第一章

四、本课程学习目的和学习方法

《建筑材料》是土木建筑类各专业教学计划中的一门技术基础课,其任务是使学生通过学习,掌握建筑材料的基础知识,并具有在实践中合理选择与使用建筑材料的能力。另外,通过动手做建筑材料试验,培养基本试验技能,为日后从事科学研究打下良好的基础。

由于建筑材料的质量直接影响着建筑工程的质量,因此在选择和使用材料时,必须了解材料的技术性能和使用要求,并能根据建筑材料的规范标准对材料的质量进行检验。同时,对材料的储运和保管方法也应有所了解,以期在今后的工作岗位上做好本职工作,为祖国的现代化建设服务。

在学习《建筑材料》课程的过程中,应以材料的技术性质、质量检验及其在工程中的应用为重点,并须注意材料的成分、构造、生产过程等对其性能的影响,掌握各项性能间的有机联系。对于现场配制的材料(如水泥混凝土),应掌握其配合比设计的原理及方法。同时,必须贯彻理论联系实际的原则,重视试验课和习题作业。试验课是本课程的重要教学环节,通过试验操作及对试验结果的分析,一方面可以丰富感性认识,加深对课本知识的了解;另一方面对于培养科学实验技能以及提高分析问题、解决问题的能力,具有重要作用。

且与外界隔绝,可以通过改变材料的密实度及孔隙特征的方法来提高材料的质量,如在水泥混凝土中加强养护提高密实度,或加入引气剂引入一定量的微小气泡,都可以提高混凝土的抗渗性能及抗冻性能。

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

三、材料的堆积密度、填充率和空隙率

1. 堆积密度

堆积密度是指粉状、粒状和纤维状材料在堆积状态下单位体积的质量。堆积密度与材料的颗粒大小、颗粒形状、颗粒表面特征、颗粒间的空隙率等因素有关。堆积密度越大,材料的密实度越高,其强度、耐久性等性能也越好。

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

ρ_0 ——材料的堆积密度, 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) 材料在堆积状态下,其堆积体积不仅包括材料颗粒本身的体积,而且还包括颗粒之间的空隙,其值的大小不仅取决于材料的表观密度,而且还与堆积的疏密度有关。另外,材料的含水率也影响堆积密度值。

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

ρ_0 ——材料的堆积密度, 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 。

在建筑工程中,进行配料计算时,通常采用堆积密度。堆积密度越大,材料的密实度越高,其强度、耐久性等性能也越好。

第一章 建筑材料的基本性质

在建筑物中,建筑材料要承受各种不同的作用。因而,从建筑物的安全和使用性方面讲,要求这些材料具有相应的性质,如承重构件的材料应具有一定的强度;防水材料应具有不透水的性质;墙体材料应具有一定的保温隔热性质等。此外,材料在建筑物的使用过程中,还经常受到各种外界因素的影响,如冲刷、磨损、干湿循环、冻融循环、温度变化、化学侵蚀、生物作用等。这些因素都不同程度地使材料逐渐遭受破坏。因此,材料还须具有抵抗这些外界环境因素破坏作用的能力,以保证在所使用的环境中能够经久耐用,延长建筑物的使用寿命。

建筑材料的性质是多方面的,而各类材料又往往有其特殊的性质。本章仅就建筑材料共有的基本性质进行讲解,至于各类材料的特殊性质,将分解在有关章节进行叙述。

第一节 材料的物理性质

一、材料的密度与表观密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量。按下式计算:

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

式中 ρ ——密度, g/cm^3 ;

m ——材料的质量, g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙体积在内的固体所占有的实体积。绝对密实的建筑材料很少,除金属、玻璃等少数材料外,都含有一些孔隙。为了测得含孔隙材料的密度,应把材料磨成细粉以便除去其内部孔隙,经干燥后用密度瓶(李氏瓶)测定其实体积,该体积即可视为材料在绝对密实状态下的体积。材料磨得愈细,所测得的体积愈接近绝对体积。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积所具有的质量。按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积, m^3 。

材料的表观体积是指包含内部孔隙的体积。当材料孔隙内含有水分时,其质量和体积均将有所变化,故测定表观密度时,须注明其含水情况。表观密度,一般是指材料在气干状态下

的表现密度。在烘干状态下的表现密度,称为干表现密度。

二、材料的密实度和孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。也就是固体物质的体积占总体积的比例,以 D 表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-3)$$

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占有的比例,以 P 表示:

$$P = \left(\frac{V_0 - V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (1-4)$$

孔隙率与密实度从两个不同侧面来反映材料的致密程度,其关系是: $P + D = 1$ 。该式表明,材料的总体积是由该材料的固体物质与它所包括的孔隙所组成。

孔隙率的大小及孔隙本身的特征对材料的工程性质有不同的影响。孔隙特征主要指孔隙的种类,即连通孔和封闭孔。连通孔不仅彼此贯通而且与外界相通,而封闭孔彼此不连通且与外界隔绝。可以通过改变材料的密实度及孔隙特征的方法来改善材料的性能。如对水泥混凝土加强养护提高密实度,或加入引气剂引入一定数量的闭口孔,都可以提高混凝土的抗渗性能及抗冻性能。

三、材料的堆积密度、填充率和空隙率

1. 堆积密度

堆积密度是指粉状、粒状和纤维状材料在堆积状态下(包括了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙),单位体积所具有的质量。按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-5)$$

式中 ρ'_0 —— 堆积密度, kg/m^3 ;

m —— 材料的质量, kg ;

V'_0 —— 材料的堆积体积, m^3 。

材料在堆积状态下,其堆积体积不但包括所有颗粒内的孔隙,而且还包括颗粒之间的空隙,其值的大小不仅取决于材料的表现密度,而且还与堆积的疏密度有关。另外,材料的含水程度也影响堆积密度值。

在建筑工程中,进行配料计算,确定材料堆放空间和运输量,计算材料用量及构件自重等,经常用到材料的密度、表现密度和堆积密度等数据。

几种常用建筑材料的密度、表现密度、堆积密度和孔隙率见表 1-1。

表 1—1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密 度 (g/cm ³)	表观密度 (kg/m ³)	堆积密度 (kg/m ³)	孔隙率 (%)
石灰岩	2.60	1800~2600	—	—
花岗岩	2.80	2500~2900	—	0.5~3.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1400~1700	—
河 砂	2.60	—	1450~1650	—
粘 土	2.60	—	1600~1800	—
普通粘土砖	2.50	1600~1800	—	20~40
粘土空心砖	2.50	1000~1400	—	—
水 泥	3.10	—	1200~1300	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
沥青混凝土	—	2300~2400	—	2~4
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7850	—	0
泡沫塑料	—	20~50	—	—

2. 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中,被材料颗粒填充的程度,以 D' 表示。用下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D' = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 V_0 ——材料所有颗粒体积之总和, m^3 。

3. 空隙率

空隙率是指散粒材料在某容器的堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比例,用 P' 表示。可用下式计算:

$$P' = \left(\frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) \times 100\% \quad (1-7)$$

填充率和空隙率是从两个不同侧面反映散粒材料的颗粒互相填充的疏密程度。即 $D' + P' = 1$ 。空隙率在混凝土配合比设计时,可作为控制混凝土骨料级配以及计算含砂率的依据。

第二节 材料的力学性质

材料的力学性质是指材料在外力作用下有关变形的性质和抵抗外力作用破坏的能力。

一、材料的变形性质

变形性质是指材料在荷载作用下,发生形状、体积变化的有关性质。主要有弹性变形、塑性变形、徐变和松弛等。

1. 弹性变形和塑性变形

材料在外力作用下产生的变形,当外力除去后可以完全自行消失的,称为弹性变形。材

料在外力除去后,能恢复原有形状的性质,称为弹性。产生弹性变形的原因,是因为作用于材料的外力改变了材料质点间的平衡位置,但此时外力并未超过质点间的最大结合力,外力所做的功,转变为内能(弹性能),当外力除去后,内能做功,质点恢复到原有的平衡位置,变形消失。

材料的变形在外力除去后,不能自行恢复到原有的形状,而是保留了一些残余变形,这种变形称为塑性变形,材料的这种性质称为塑性。产生塑性变形的原因,是作用于材料的外力,超过了材料质点间的最大结合力,或在长时间持续应力的作用下,使材料部分结构或构造遭受到破坏,外力所做的功未转变为弹性能,而消耗于部分结构或构造的破坏,因而变形不再消失。

通常把材料在规定的加荷速度和一定的温度下进行试验,并根据材料在破坏前塑性变形的显著与否,将材料分为塑性材料和脆性材料两类。材料在破坏前有显著塑性变形者,称为塑性材料,如低碳钢、塑料及沥青等。反之在破坏前无显著塑性变形者,称为脆性材料,如石料、烧土制品、混凝土及生铁等。但材料的塑性和脆性并不是固定不变的,可随着温度、含水率、加荷速度及受力状况等因素而改变。如沥青材料在迅速加荷或低温条件下是脆性的,在缓慢加荷或温度稍高的条件下,则是塑性的。

实际上,纯弹性材料是没有的。许多材料受力不大时,仅产生弹性变形,当受力超过某一定限度后,即产生塑性变形。如建筑钢材在受力后的应力应变过程中,当外力值小于弹性极限时,仅产生弹性变形,大于弹性极限后,则除了弹性变形外,还产生塑性变形。有的材料,如混凝土,在受力时弹性变形和塑性变形同时产生。如果取消外力,则弹性变形可以消失,而塑性变形不能消失。

材料在弹性阶段,应力应变曲线是直线,应力 σ 与应变 ϵ 成正比,且是常数,即:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \text{常数} \quad (1-8)$$

我们把 E 叫做材料的弹性模量(单位MPa)。弹性模量是衡量材料抵抗变形能力的一个指标,弹模愈大,材料愈不易变形。对于混凝土这种弹塑性材料,应力应变曲线上没有明显的弹性阶段,而且弹性模量是个变值。一般随混凝土强度等级的增加而增大。

2. 徐变与松弛

固体材料在长期不变的外力作用下,变形随着时间的延长而逐渐增加的现象,称为徐变。材料在长期荷载作用下,如总的变形保持不变,而其中的塑性变形部分逐渐增加,弹性变形部分逐渐减少,因而引起弹性应力随时间的延长而逐渐降低的现象,称为应力松弛。产生徐变与应力松弛的原因是由于非晶体物质的部分粘性流动或晶体物质的晶格滑移所造成的。材料的徐变还与环境的温度和湿度有关,如混凝土、岩石等材料的徐变随着温度和湿度的增加而加大,金属材料在高温下的徐变特别显著。一般材料的徐变愈大,应力松弛也愈大。

二、材料的强度

固体材料的强度取决于它的结构质点(原子、分子、离子)之间的相互作用力。理论上这些作用力是很大的。也就是说,材料的理论强度是很高的。但是在实际工程中所使用的材料,其实际强度远远低于理论强度值。例如强度等级为C30的混凝土的理论抗拉强度近似值应为 3×10^3 MPa,而实际抗拉强度只有3MPa左右。原因是工程材料中,都有某些缺陷,如

晶格的位错、杂质的混入、孔穴和微裂缝的存在等。因此,在比较小的应力下,就能引起晶格的滑移,而且在裂缝尖端处还会出现应力集中,致使裂缝不断扩大、延伸,并相互连接起来,造成材料的破坏。所以,通常所说材料的强度是指材料的实际强度,也叫材料的静力强度。

材料的强度,是指材料在静荷载所产生的应力作用下,抵抗破坏的能力。它是以材料试件在静荷载作用下,达到破坏时的极限应力值来表示的。根据外力作用方式的不同,有抗压、抗拉、抗剪、抗弯等几种强度,如图 1—1 所示。

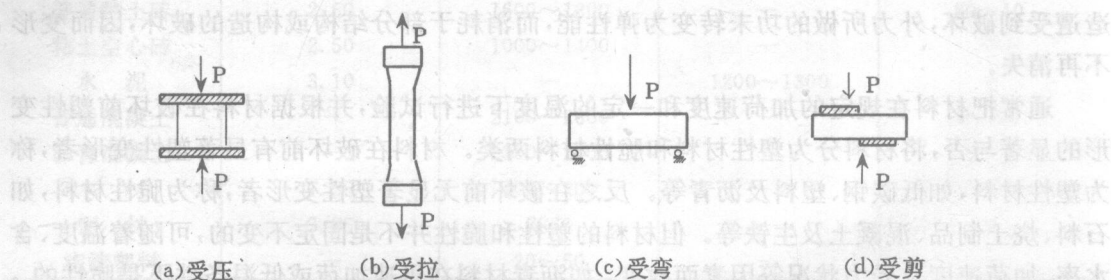


图 1—1 材料受力情况示意图

材料的抗压、抗拉、抗剪强度的计算公式如下:

$$f = \frac{P}{A} \quad (1-9)$$

式中 f ——材料的强度, MPa;

P ——材料破坏时的最大荷载, N;

A ——材料受力截面积, mm^2 。

材料的抗弯强度与试验方法有关,当采用图 1—1(c)的试验方法时,其抗弯强度由下式计算:

$$f = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (1-10)$$

式中 f ——抗弯强度, MPa;

P ——破坏时的最大荷载, N;

l ——两支点之间的距离, mm;

b ——试件宽度, mm;

h ——试件高度, mm。

材料的静力强度,实际上只是在特定条件下测定的强度值,为了使试验结果比较准确而且具有相互比较的意义,每个国家都规定有统一的标准试验方法。测定材料强度时,必须严格按照规定的试验方法进行。

不同种类的材料具有不同的抵抗外力的特点。如脆性材料(岩石、混凝土、砂浆、粘土砖等)都具有较高的抗压强度,因此多用于建筑物的墙和基础等受压部位。而木材的抗拉强度大于抗压强度,钢材的抗压强度和抗拉强度基本相等,而且都很高。因此木材多用于梁柱和屋架结构,钢材适用于各种受力构件。为了充分利用各种材料的力学特性,常常把几种材料复合用于结构物上,如钢筋混凝土就利用了钢筋抗拉强度高和混凝土抗压强度高的特点,组成一种复合材料用到结构物上。

相同种类的材料,其强度随孔隙率及宏观构造特征的不同有很大差异。一般讲,材料的孔隙率越大,强度越低,二者有近似直线关系。材料的强度除了与组成、结构和构造有关外,其强度值还受试件的形状、尺寸、表面状态、温度、湿度及试验时的加荷速度等因素的影响。另外还有试验设备的准确性,试验人员操作的熟练程度等等,都会引起各种误差,都可使试验结果不准确。因此测定强度时,应严格遵守国家规定的标准试验方法。

为了掌握材料的力学性质,合理选择材料,常将建筑材料按极限强度(或屈服强度)划分成不同的等级,即强度等级或称标号。如石材、混凝土、砖等脆性材料主要用于受压,因此以抗压极限强度来划分等级。而建筑钢材主要用于抗拉,故以其受拉屈服强度作为划分等级的依据。现将常用建筑材料的强度值列入表 1—2。

比强度是指单位质量的材料所具有的强度,其值等于材料强度除以表观密度,是衡量材料轻质高强性能的重要指标。

三、材料的脆性和韧性

材料在外力作用下,直到断裂前不出现明显的塑性变形,这种不出现明显塑性变形而突然破坏的性质叫做材料的脆性。具有这种性质的材料称为脆性材料,如混凝土、砖、石、陶瓷、铸铁、玻璃等,这类材料抵抗冲击荷载和震动荷载的能力很差。

在冲击、震动荷载作用下,材料能承受很大的变形而不致破坏的性质叫做韧性(或冲击韧性)。建筑钢材、木材、沥青、钢筋混凝土等都属于这类材料。在建筑工程中,对于承受冲击荷载和震动荷载的结构,如用作路面、吊车梁、桥梁等结构的材料,都要考虑材料的韧性。

四、材料的疲劳极限

材料在受到随时间而交替变化的荷载作用时,所产生的应力也随时间作交替变化,这种交变应力超过某一限度而且长期反复作用即会造成材料的破坏,这个限度称为疲劳极限。疲劳极限是通过试验确定的。一般是在规定应力循环次数下,把它对应的极限应力作为疲劳极限。疲劳破坏和静力破坏不同,常在没有明显的塑性变形情况下,就发生突然断裂,即使塑性很好的材料也是这样。其破坏应力远低于静力强度,甚至低于屈服强度。

五、材料的硬度、磨损及磨耗

材料抵抗其它物体压入的能力称为硬度。硬度大的材料耐磨性较强,但不易加工。所以,材料的硬度在一定程度上可以表明材料的耐磨性和加工难易的程度。

材料受外界物质的摩擦作用而减小质量和体积的现象称为磨损。材料同时受到摩擦和冲击两种作用,而减少质量和体积的现象称为磨耗。在水利工程中,如滚水坝的溢流面、闸墩、闸底板等部位经常受到挟沙水流的高速冲刷作用,或者水底挟带石子的冲击作用而遭受破坏,这些部位都要考虑材料抵抗磨损及磨耗的能力。硬度大、韧性好、强度高、构造较密的材料,其抗磨损及磨耗的能力较强。

表 1—2 常用建筑材料的强度 (MPa)

材 料	抗 压	抗 拉	抗 弯
花 岗 岩	100~250	5~8	10~14
普通粘土砖	5~20	—	1.6~4.0
普通混凝土	5~60	1~9	—
松木(顺纹)	30~50	80~120	60~100
建 筑 钢 材	240~1500	240~1500	—

第三节 材料与水有关的性质

一、亲水性与憎水性

材料在使用过程中常常遇到水,不同的材料和水的互相作用情况是不一样的。有的材料遇水后,很快将水吸入内部或使水在材料表面散开来,这种与水的亲和性称为材料的亲水性。另一些材料遇水后不吸水或使水呈珠状存在于材料表面,材料的这种不易被润湿的性质称为憎水性。具有亲水性的材料称为亲水性材料,具有憎水性的材料称为憎水性材料。

建筑材料中的砖、木材、混凝土、石材等都是亲水性材料,这类材料的分子与分子之间的吸引力大于水分子之间的内聚力,因此能被水所润湿,并能通过毛细管作用将水分吸入毛细管内部。沥青、石蜡、塑料等属于憎水性材料,这类材料一般能阻止水分渗入毛细管中,因而能降低材料的吸水性。憎水性材料常用作防潮防水材料,还可用作亲水性材料的表面处理,以降低亲水性材料的吸水性。

二、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。吸水性的以吸水率来表示。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数,前者叫质量吸水率,后者叫体积吸水率。

$$\omega_{wa} = \frac{m_1 - m}{m} \quad (1-11)$$

$$\omega_{va} = \frac{m_1 - m}{\rho_w V_0} \quad (1-12)$$

式中 ω_{wa} ——材料的质量吸水率, %;

ω_{va} ——材料的体积吸水率, %;

m_1 ——材料吸水饱和状态下(表面干燥)的质量, g;

m ——材料干燥状态下的质量, g;

ρ_w ——水的密度, g/cm³,一般取 1g/cm³;

V_0 ——材料自然状态下的体积, cm³。

材料吸水率的大小,不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的,而且还与材料的孔隙率及孔隙特征有关。一般孔隙率越大,则吸水性越强;密实材料及具有闭口孔的材料是不吸水的;具有粗大孔的材料因其水分不易存留,其吸水率值通常小于孔隙率;孔隙率较大,且具有细小开口连通孔隙的材料,其吸水能力特别强。材料吸水后,表观密度和导热性增大,强度降低,体积膨胀。因此,吸水率大对材料性质是不利的。

2. 吸湿性

材料在空气中,能自发地吸收空气中水分的性质称为吸湿性。吸湿性常以含水率表示。用下式计算:

$$\omega_{wc} = \frac{m_h - m}{m} \times 100\% \quad (1-13)$$

式中 ω_{wc} ——材料的含水率, %;
 m_h ——材料在含水状态下的质量, g;
 m ——材料在干燥状态下的质量, g。

干燥材料在空气中,能吸收空气中的水分而逐渐变湿。潮湿的材料在空气中,能失去水分而逐渐变干,最终将使材料中的水分与周围空气中的湿度达到平衡,这时的材料处于气干状态。材料在气干状态的含水率,称为平衡含水率。平衡含水率随周围环境的温度和湿度的变化而变化。当材料吸水达到饱和状态时的含水率即为吸水率。木材的吸湿性特别明显,它能大量吸收水汽而增加质量,降低强度和改变尺寸。木门窗在潮湿的夏天不易开关,就是因为吸湿引起的。保温材料吸湿后将严重降低其保温隔热性能,因此保温材料表面应设置防水材料防潮。

材料含水后,不但可使材料的质量增加,而且会使材料的强度降低,导热性增大,抗冻性能变差,有时还会发生明显的体积膨胀。由此可见,材料中含水对材料的性能往往也是不利的。

三、耐水性

耐水性是指材料长期处于水的作用下不破坏,其强度也不严重降低的性质,其大小用软化系数 K_R 表示。

$$K_R = \frac{\text{材料在水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}} \quad (1-14)$$

材料的软化系数在 0~1 之间,其大小表明材料浸水后强度降低的程度。 K_R 愈小,说明材料吸水饱和后强度降低愈多,即耐水性愈差。软化系数的大小有时会成为选择材料的主要依据。对于经常受水浸泡或处于潮湿环境中的重要建筑物所使用的材料其软化系数必须大于 0.85;受潮较轻或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.70;干燥环境下使用的材料可不考虑耐水性。对于软化系数大于 0.85 的材料,可以认为是耐水的。

四、抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性,其大小常用渗透系数表示:

$$k = \frac{Q d}{A t H} \quad (1-15)$$

式中 k ——材料的渗透系数, cm/h;

Q ——渗水量, cm^3 ;

A ——渗水面积, cm^2 ;

d ——试件厚度, cm;

H ——试件两侧水头差, cm;

t ——渗水时间, h。

渗透系数反映了材料在单位时间内,在单位水头作用下,通过单位面积及厚度的渗透水量。因此渗透系数愈大,材料的抗渗性愈差。有些材料的抗渗性也常用抗渗标号来表示,如混凝土、砂浆等。材料抗渗性的大小,主要与材料的孔隙率及孔隙特征有关,密实的或具有闭口孔的材料,具有较高的抗渗性。