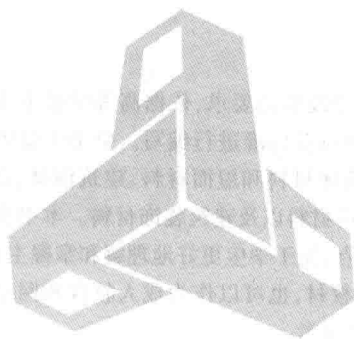




TUMU GONGCHENG CAILIAO

土木工程材料

主 编 贾兴文

副主编 李 莉 刘先锋 郭 强

重庆大学出版社

前 言

土木工程材料是构成土木工程的物质基础,而合格的土木工程材料则是土木工程的质量保障。对于从事土木工程设计、建造、管理等工作的技术人员而言,掌握或熟悉常见土木工程材料的性能和技术特点,不仅有利于降低工程成本,也有利于提高土木工程建设质量。

土木工程材料是土木工程、水利工程和交通工程等专业必修的基础课,本课程的任务是使学生掌握土木工程材料的基本理论知识,掌握和熟悉常见的土木工程材料的主要性能,并了解其用于实际工程时的技术特点和相关技术要求,从而具备根据土木工程的类型和项目特点合理选择并正确使用土木工程材料的能力,并为后续学习专业课程打好基础。

本书根据土木工程专业的课程设置和教学特点,根据应用型本科院校人才培养目标和土木工程专业教学改革的要求,参照高等学校土木工程本科指导性专业规范,参考现行国家标准、建设工程行业标准、建材行业标准进行编写,内容编排兼顾其他相关专业的教学特点和要求。本书在系统介绍常见土木工程材料的基本性质和主要性能的基础上,结合常见土木工程材料的技术标准和技术特点,全面介绍了常见土木工程材料的技术特点和工程应用要求,内容更加实用和贴近实际工程,有助于学生加深对主要知识点的理解。为适应多媒体教学的现实需要,我们还配套制作了教学 PPT 和复习思考题答案,以及 2 套试卷及答案,作为本书的配套资源,读者可以登录重庆大学出版社教育资源网(<http://www.cqup.net/edusrc>)进行免费红下载。

本书由重庆大学贾兴文担任主编,编写分工如下:绪论、第 1 章、第 6 章、第 7 章由贾兴文编写,并由其负责全书的统稿;第 2 章、第 3 章、第 8 章、第 9 章和第 14 章由重庆大学城市科技学院李莉编写;第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 15 章由重庆大学城市科技学院郭强编写;第 4

章、第5章、第13章由重庆科技学院刘先锋编写。参与教材编写和文字图表处理工作的研究生有马英、黄永波、余金城、孙化强、尤超、秦继辉、杨莎、司端科、马冬、张新、陈晴、熊青青、李俊萌和王平,在此也表示由衷的感谢。

由于土木工程材料的生产和应用技术发展迅速,加之编者水平有限,书中难免存在不足和疏漏之处,欢迎广大师生和读者批评指正,编者电子邮箱 jiaxw@cqu.edu.cn。

编 者

2017年6月

目 录

0 绪 论	1
0.1 土木工程与土木工程材料	1
0.2 土木工程材料的分类	1
0.3 土木工程材料的发展	2
0.4 土木工程材料的技术标准	3
1 土木工程材料的基本性质	4
1.1 材料的基本物理性质	4
1.2 材料与水有关的性质	7
1.3 材料的力学性质	9
1.4 土木工程材料的耐久性	12
思考题	13
2 气硬性胶凝材料	14
2.1 石膏	14
2.2 石灰	19
思考题	23
3 水泥	24
3.1 硅酸盐水泥	25
3.2 掺混合材的通用硅酸盐水泥	36

3.3 特种水泥	40
思考题	47
4 混凝土	48
4.1 混凝土概述	48
4.2 混凝土的组成材料	50
4.3 混凝土拌合物的和易性	61
4.4 混凝土的强度	66
4.5 混凝土变形	72
4.6 混凝土耐久性	75
4.7 混凝土的配合比设计	80
4.8 混凝土的生产、运输、浇筑及养护	88
4.9 混凝土的强度评定	91
4.10 其他品种混凝土	94
思考题	98
5 建筑砂浆	99
5.1 概述	99
5.2 砌筑砂浆和抹面砂浆	102
5.3 预拌砂浆	109
思考题	114
6 墙体和屋面材料	115
6.1 烧结砖	115
6.2 建筑砌块	120
6.3 建筑墙板	124
6.4 屋面材料	127
思考题	128
7 建筑钢材	129
7.1 钢材的基本知识	129
7.2 建筑钢材的技术性质	131
7.3 建筑钢材的冷加工、热处理	135
7.4 建筑钢材的技术标准和选用	137
7.5 建筑钢材的腐蚀与防护	141
7.6 建筑钢材的防火	143
思考题	144

8 石材	145
8.1 土木工程常用石材及其分类	145
8.2 石材的技术性质	148
8.3 天然石材的破坏和防护	151
思考题	151
9 木材	152
9.1 木材的分类	152
9.2 木材的物理力学性质	154
9.3 木材的防腐与防火	157
9.4 木材的综合利用	157
思考题	158
10 有机高分子材料	159
10.1 基本概念	159
10.2 建筑塑料	161
10.3 建筑胶黏剂	163
10.4 建筑涂料	165
思考题	168
11 沥青及沥青混合料	169
11.1 沥青	169
11.2 改性石油沥青	174
11.3 沥青混合料	175
思考题	179
12 防水材料	180
12.1 防水材料概述	180
12.2 防水卷材	181
12.3 防水涂料	183
思考题	185
13 绝热材料(建筑节能)	186
13.1 材料的热工性质	186
13.2 绝热材料分类和性能	187
13.3 绝热材料的工程应用	190
思考题	193

14	吸声和隔声材料	194
14.1	材料的声学性质	194
14.2	吸声材料	195
14.3	隔声材料	197
	思考题	197
15	建筑装饰材料	198
15.1	建筑装饰材料的分类	198
15.2	建筑装饰材料的基本性能要求	199
15.3	常用装饰材料	200
	思考题	206
附录	土木工程材料实验	207
实验 1	土木工程材料基本物理性质实验	207
实验 2	水泥标准稠度和凝结时间测定	209
实验 3	水泥胶砂强度检验(ISO 法)	211
实验 4	集料实验	213
实验 5	普通混凝土实验	219
实验 6	钢筋实验	226
参考文献		230



绪论

0.1 土木工程与土木工程材料

土木工程既指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等技术活动,也指工程建设的对象,即建造在地上或地下、陆上或水中,直接或间接为人类生活、生产、军事、科研服务的各种工程设施,例如房屋、道路、铁路、管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水排水工程以及防护工程等。土木工程的指代非常宽泛,而土木工程材料的指代同样非常宽泛,泛指用于土木工程建设的各类材料及制品。

土木工程材料品种繁多,性能各异。在土木工程建设过程中,能够根据工程所处环境和功能要求等条件,正确合理地选用土木工程材料,对于节约材料、降低工程造价、保障工程质量等具有非常重要的意义。

0.2 土木工程材料的分类

土木工程材料种类繁多,其分类方法也多种多样。按照土木工程材料的使用功能和用途,可以分为结构材料、装饰材料和功能材料(防水材料、保温材料、吸声材料、耐火材料等);按照土木工程材料使用部位不同,可以分为墙体材料、屋面材料等。本书按照土木工程材料的化学成分来分类,土木工程材料可以分为无机材料、有机材料和复合材料,详见表0.1。

表 0.1 土木工程材料按化学成分分类

无机材料	金属材料	黑色金属:铁、锰、铬
		有色金属:除铁、锰、铬外的金属统称为有色金属,如镁、铝、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材
		烧结与熔融制品:砖、瓦、玻璃、陶瓷
		无机胶凝材料:石膏、石灰、水玻璃和各类水泥
		无机胶凝材料制品:水泥混凝土、建筑砂浆等
		硅酸盐制品:蒸压加气混凝土、蒸压灰砂砖、粉煤灰砖等
有机材料	植物质材料	木材、竹材等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青及其制品
	高分子材料	塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶、合成纤维等
复合材料	金属与无机非金属材料复合	钢筋混凝土、钢纤维混凝土
	金属与有机材料复合	塑钢、金属夹芯板等
	无机非金属材料与有机材料复合	沥青混凝土、聚合物混凝土、玻璃纤维增强环氧树脂等

0.3 土木工程材料的发展

石器时代和青铜器时代的土木工程材料主要取自天然或经简单加工,如生土、木材、石材和茅草等。铁器时代的土木工程材料加工工艺较为复杂,如沿用至今的秦砖汉瓦和铁等。进入钢铁时代和网络信息时代,标志性的土木工程材料是水泥、钢材、钢筋混凝土和塑料、玻璃、陶瓷等。土木工程材料在漫长的发展历程中,从简单打磨的原始材料,发展到手工制作的古代材料,再到机械精加工的现代材料,不仅蕴含了人类无穷的智慧,也闪耀着人类文明的光辉。

土木工程材料的发展是人类科学技术进步的体现。1824 年,英国人阿斯普丁获得了“波特兰水泥”的发明专利,水泥的发明和使用极大地提高了人类征服和改造自然的能力。1849 年,法国园丁约瑟夫·莫尼埃发明了钢筋混凝土(约瑟夫·莫尼埃于 1868 年获得了钢筋混凝土专利),此后,人们开始尝试使用钢筋混凝土建造桥梁和建筑结构。但是相对于钢筋混凝土,钢材长期是建造高层建筑的首选材料,如建成于 1889 年的高达 300 m 的埃菲尔铁塔,主要采用钢材建造。随着混凝土结构计算理论研究和混凝土材料研究的深入,尤其是 1962 年萘系减水剂的发明对于混凝土的大规模工程应用具有化时代的意义,也使得钢筋混凝土逐步成为首选的土木工程材料。

进入 21 世纪,土木工程材料从强调经济性和适用性,开始向强调“可再生、绿色化”发展。

建筑材料的绿色发展融合了绿色建材、清洁生产、循环经济和低碳排放等诸多领域的先进理念,发展绿色建材已经成为土木工程材料发展的必然趋势。

我国仍处于经济建设快速发展阶段,建设工程量极其巨大,这也极大地推动了土木工程材料的研究与应用。在推广应用各种土木工程材料时,必须把握新材料的发展方向,加快土木工程材料生产方式转变,推广绿色建筑材料,全面提升建筑节能减排水平,从而实现土木工程材料的可持续发展。

0.4 土木工程材料的技术标准

技术标准是评价土木工程材料质量的依据。目前,我国绝大多数土木工程材料都制定有产品技术标准,这些标准通常包括产品分类、规格、技术要求、检验指标和方法、产品验收以及储运等方面的内容。

土木工程材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四大类,分别由相应的标准化管理部门批准并发布,各类标准代号参见表 0.2,代号中带字母“T”的属于推荐性标准。国家标准和行业标准属于全国通用标准,地方标准适用于发布该标准的省、直辖市或自治区,而企业标准仅适用于企业内部。本书主要参考国家标准和行业标准。

表 0.2 标准分类和代号

国家标准	工程建设 行业标准	水利行业 标准	冶金行业 标准	交通行业 标准	建材行业 标准	地方标准	企业标准
GB,GB/T	JGJ,JGJ/T	SL	YB	JT	JC	DB,DB/T	QB

标准的表示方法由产品(或技术)名称、部门代号、编号和批准年份组成。例如《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011),前面为技术名称,部门代号为 JGJ,编号为 55,批准年份为 2011。

伴随着“一带一路”倡议的实施,我国承建的国际工程会越来越多,很多工程在设计和建造过程中会参考国际标准或其他国家的标准,如国际标准(代号 ISO),美国国家标准(代号 ANSI),美国材料与试验学会标准(代号 ASTM),欧盟标准(代号 EN),英国标准(代号 BS),等等。

1

土木工程材料的基本性质

土木工程材料泛指房屋、道路、铁路、管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水排水以及防护工程等土木工程建造过程中使用的材料。土木工程涉及范围极为广泛,在土木工程建造过程中,如何选择适宜的土木工程材料,不仅需要考虑工程性质、使用环境和结构部位,还要考虑耐久性和成本等诸多因素。因此,认识和熟悉土木工程材料,首先应了解土木工程材料的基本性质,如结构材料的力学性质和耐久性,以及围护材料的防水防潮、隔声吸声和保温隔热等功能。熟悉土木工程材料的基本性质,不仅有利于更好地理解胶凝材料、混凝土、墙体材料、金属和高分子材料等诸多材料的性能特点,也有利于更好地将土木工程材料教材中的诸多知识点融会贯通,摆脱死记硬背的学习模式,从而更容易掌握土木工程材料繁杂的知识点。

1.1 材料的基本物理性质

1.1.1 材料的密度、表观密度、体积密度和堆积密度

1) 密度

密度是材料在绝对密实状态下单位体积的质量,按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

式中 ρ ——密度, g/cm^3 ;

m ——干燥状态下材料的质量, g ;

V ——绝对密实状态下材料的体积, cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙的体积。除钢材、玻璃等少数材料外, 绝大多数建筑材料都含有一定的孔隙, 如混凝土、砖、石材等。测定多孔材料密度时, 必须先把材料磨成细粉。粉磨得越细, 则测试密度值越接近于理论密度值。称量磨细粉体的质量 m , 用干燥的李氏瓶采用排水法(阿基米德法)测定粉体体积 V , 根据公式 1.1 即可得到材料的密度。

2) 表观密度

表观密度是指材料在干燥状态下单位体积的质量, 也称为视密度, 按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1.2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料干燥状态的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料干燥状态下的体积(包含材料实体和闭口孔隙的体积, 不含开口孔隙), cm^3 或 m^3 。

多孔材料的孔隙包括开口孔隙和闭口孔隙, 测量多孔材料的表观密度时, 可以直接采用排水法或水中称重法测出材料不含开口孔隙的体积, 然后按照式 1.2 计算表观密度。

3) 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下单位体积的质量, 按下式计算:

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1.3)$$

式中 ρ' ——体积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料自然状态下的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积是指包含材料实体、开口孔隙和闭口孔隙的体积。材料的表观密度和体积密度的区别主要是开口孔隙的差异, 测定表观密度时不含开口孔隙的体积, 测定体积密度时包含开口孔隙的体积。

当材料含有水分时, 其质量和体积都会发生变化, 因而体积密度也发生变化。测定体积密度时应注明含水状态, 未特别注明时, 常指气干状态下的体积密度。对于烘干状态时的体积密度, 常用干体积密度表示。外形规则的材料可直接测量体积和质量得到体积密度, 外形不规则的材料则可采用密封(如用石蜡密封)排水法测定体积。

4) 堆积密度

堆积密度是指散粒状材料在堆积状态下单位体积的质量, 按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.4)$$

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。

堆积体积是材料(如砂石)在自然松散状态的体积, 包括颗粒体积和颗粒之间空隙的体

积。堆积密度与材料堆积的紧密程度有关,可分为松堆密度和紧堆密度。堆积密度通常是指材料的松堆密度,可以采用容量筒法测定堆积密度。

1.1.2 材料的孔隙率与密实度

1) 孔隙率

孔隙率是指材料内部孔隙体积占其自然状态下总体积的百分率,按下式计算:

$$P = \frac{V' - V}{V'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 P ——材料的孔隙率,%。

2) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,按下式计算:

$$D = \frac{V}{V'} \times 100\% = \frac{\rho'}{\rho} \times 100\% = 1 - P \quad (1.6)$$

式中 D ——材料的密实度,%。

孔隙率或密实度直接反映材料的密实程度,孔隙率越高,则表示材料密实程度越小。孔隙率与材料的力学性能、抗渗性能和耐久性等诸多性能密切相关,同一种材料,随着孔隙率增大,其抗压强度和抗渗性能通常会降低。更准确地来讲,影响材料物理力学性能的实际是孔隙结构。材料的孔隙结构是指孔隙的几何形状、孔径大小和分布、孔隙连通状态。材料内部孔隙可分为连通与封闭两种,连通孔隙彼此贯通且与外界相通,封闭孔隙不仅彼此不连通且与外界隔绝。孔隙按照尺寸可分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。除了孔隙率,孔径大小和分布及连通状态,对材料的物理和力学性质都具有重要影响。

孔隙率和孔隙结构对材料物理力学性质的影响较为复杂。例如常见的多孔材料——泡沫混凝土,干体积密度相同的泡沫混凝土,其孔隙率相近,但其内部孔隙结构可能差异很大。如果其内部孔隙主要是封闭孔,则其吸水率和导热系数通常较低,反之则吸水率和导热系数较高。对于普通混凝土,为了提高混凝土抗冻性,可以掺加引气剂在混凝土内部引入适量分布均匀的微小封闭孔。

1.1.3 材料的空隙率和填充率

1) 空隙率

空隙率是指散粒或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率,按下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.7)$$

式中 P' ——材料的空隙率,%。

空隙率的大小反映了散粒状材料颗粒之间相互填充的致密程度。

2) 填充率

填充率是指散粒状材料堆积体积中被颗粒填充的程度,与空隙率相对应,按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% = 1 - P' \quad (1.8)$$

式中 D' ——材料的填充率, %。

1.2 材料与水有关的性质

材料在使用过程中,不可避免地会与雨水、地下水、生活用水以及大气中的水汽接触。水不仅会影响材料的物理力学性质,同时水与侵蚀性介质共同作用对材料的耐久性也有重要影响,如建筑钢材在潮湿环境中比在干燥环境中更容易锈蚀。

1.2.1 材料的亲水性与憎水性

材料与水接触时能被水润湿的性质称为亲水性,反之,与水接触时不能被水润湿的性质称为憎水性。材料的亲水与憎水程度可用润湿角 θ 来表示,如图 1.1 所示。 θ 越小,表明材料越易被水润湿。一般认为,当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,表明水分子之间的内聚力小于水分子与材料之间的吸引力,材料具有亲水性;当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时,表明水分子之间的内聚力大于水分子与材料之间的吸引力,材料具有憎水性。



图 1.1 材料的润湿示意图

具有亲水性的材料称为亲水性材料。大多数建筑材料,如混凝土、钢材、砖石和木材等,属于亲水性材料。对于耐水性差的亲水性材料,可通过对其表面进行憎水处理来改善耐水性能。

具有憎水性的材料称为憎水性材料。大部分有机材料,如沥青、石蜡、塑料和有机硅等,属于憎水性材料。憎水性材料不能被水润湿,水分不易渗入材料毛细管中,因此常被用作防水材料。

1.2.2 材料的吸水性与吸湿性

1) 吸水性

材料在水中吸收水分的能力称为吸水性,以吸水率表示。材料的吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表示方法。

质量吸水率是指材料吸水饱和后所吸水的质量占材料在干燥状态下质量的百分率,按下式计算:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中 m_1 ——材料吸水饱和后的质量, g 或 kg;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg。

体积吸水率是指材料吸水饱和后所吸水的体积占材料表观体积的百分率,按下式计算:

$$W_v = \frac{V_w}{V'} \times 100\% = W_m \cdot \rho' \quad (1.10)$$

式中 W_v ——体积吸水率, %。

材料吸水率与其孔隙特征密切相关, 材料内部含有大量封闭孔隙, 则水分难以渗入材料内部, 吸水率就较小; 如果材料内部含有大量粗大的开口孔隙, 水分虽容易进入, 但不宜在孔中保留, 吸水率也较小; 如果材料具有微细而连通的孔隙, 则材料的吸水能力就较强。

2) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性, 并用含水率表示, 按下式计算:

$$W' = \frac{m_w - m}{m} \times 100\% \quad (1.11)$$

式中 m_w ——材料含水时的质量, g 或 kg;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg。

材料的吸湿性与材料的孔隙特征和空气相对湿度密切相关。干燥材料在潮湿环境下能吸收空气中的水分, 潮湿材料能在干燥环境中释放水分, 而且其过程是可逆的。在一定温度和相对湿度条件下, 材料含水率会逐渐达到平衡状态, 称为平衡含水率(或称气干含水率)。材料吸水或吸湿后对其性能具有显著影响, 比如保温材料吸水或吸湿后, 其体积密度增大, 而绝热性能下降。

1.2.3 耐水性

材料抵抗水的破坏作用的能力称为耐水性, 常以软化系数表示, 按下式计算:

$$K_p = \frac{f_w}{f} \quad (1.12)$$

式中 K_p ——材料的软化系数;

f_w ——材料吸水饱和状态下的抗压强度, MPa。

f ——材料干燥状态下的抗压强度, MPa。

软化系数的大小表明材料在浸水饱和后强度降低的程度。材料的耐水性主要与其组成成分在水中的溶解度和材料的孔隙率有关。材料吸水后, 材料内部的结合力削弱, 导致强度不同程度的降低, 因此, 建筑材料的软化系数为 0 ~ 1。位于水中或潮湿环境的结构, 如建筑物的基础或水工构筑物, 必须选用软化系数 $K_p \geq 0.85$ 的耐水性材料; 而受潮较轻或次要结构使用的材料则要求 $K_p \geq 0.75$ 。

1.2.4 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性, 用渗透系数 K 表示, 按下式计算:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1.13)$$

式中 K ——材料的渗透系数, cm/h;

Q ——总透水量, cm³;

d ——材料的厚度, cm;

A ——渗水面积, cm²;

t ——渗水时间, h;

H ——静水压力水头, cm。

渗透系数越小,则表示材料的抗渗性能越好。对于防渗、防水材料,如沥青、油毡、瓦、沥青混凝土等,常用渗透系数 K 表示其抗渗性;对于建筑工程中大量使用的混凝土、砂浆等材料,其抗渗性能常用抗渗等级 P 来表示。

$$P = 10H - 1 \quad (1.14)$$

式中 P ——抗渗等级;

H ——材料开始渗水时的水压力, MPa。

如混凝土抗渗等级 P_8 ,表示该混凝土能承受 0.8 MPa 的水压力而不渗水。抗渗等级越高,则材料的抗渗性能越好。地下结构、输水管道或水工构筑物等承受水压力的结构,对所用材料的抗渗性能有较高的要求。

1.2.5 抗冻性

材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环作用而不被破坏,同时也不严重降低强度的性质称为抗冻性。冰冻的破坏作用是由材料孔隙水结冰引起的,水结冰时体积增大约 9%,从而产生孔隙压力使孔壁破坏,并最终导致材料破坏。建筑材料的抗冻性用抗冻标号 D_n 表示,抗冻标号越高,材料的抗冻性越好。抗冻标号是指材料在吸水饱和状态下,经冻融循环作用(混凝土慢冻法试验是在 $-20 \sim -18^\circ\text{C}$ 冻结不小于 4 h 后,再在 $18 \sim 20^\circ\text{C}$ 水中融化不小于 4 h,视为 1 次冻融循环),强度和质量损失均不超过规定值时所能经受的最大冻融循环次数。如混凝土抗冻标号 D_{50} ,表示材料在经受 50 次的冻融循环后,抗压强度损失率不超过 25%,质量损失率不超过 5%。

1.3 材料的力学性质

建筑结构在使用过程中会受到多种荷载作用,并产生内力和变形。进行建筑结构设计时,需要确定结构材料的力学性能指标(如抗压强度),能否满足结构承载力要求。在实际工程中,工程技术人员在选择结构材料时,首先考虑其力学性能是否满足设计要求。

1.3.1 材料的强度和强度等级

材料的强度是指材料抵抗外力破坏的能力,常以材料在外力作用下失去承载能力时的极限应力来表示,亦称极限强度。根据外力作用方式的不同,材料强度主要是抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度,如图 1.2 所示。

1) 材料的抗压强度、抗拉强度和抗剪强度

材料的抗压强度、抗拉强度和抗剪强度可按下式计算:

$$f = \frac{F_{\max}}{A} \quad (1.15)$$

式中 f ——材料的抗压强度、抗拉强度或抗剪强度, MPa;

$F_{\max}$ ——材料破坏时的最大荷载, N;

A ——材料受力面积, mm^2 。

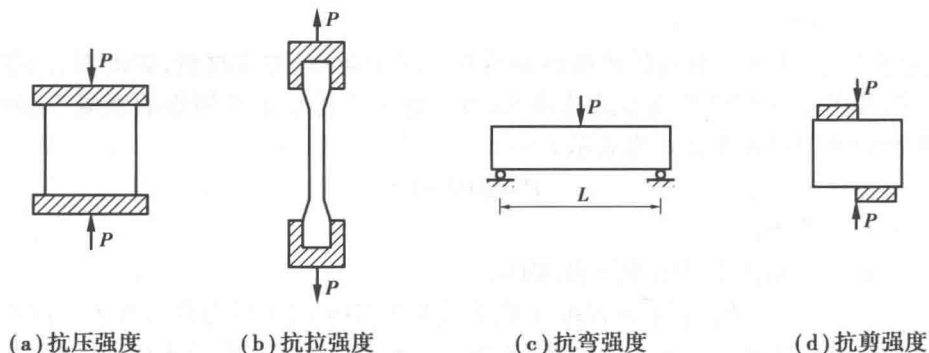


图 1.2 材料的受力示意图

2) 材料的抗弯强度

矩形截面条形试件在两分点加载条件下测试抗弯强度(三点弯曲),抗弯强度可按下式计算:

$$f = \frac{3F_{\max}L}{2bh^2} \quad (1.16)$$

式中 f ——材料的抗弯强度, MPa ;

L ——试件两支点间的距离, mm ;

b, h ——试件截面宽度和高度, mm 。

三点弯曲是在试件跨中施加集中荷载,试验方法简单,因此常采用三点弯曲测试材料的抗弯强度。但是采用三点弯曲加载时,试件跨中不仅有弯矩作用,还有剪力作用,试件跨中是弯矩和剪力复合作用,而采用四点弯曲方法时,试件跨中仅有弯矩作用。四点弯曲试验是在试件跨中的三分点上作用两个相等的集中荷载,四点弯曲时抗弯强度按下式计算:

$$f = \frac{F_{\max}L}{bh^2} \quad (1.17)$$

材料的强度与材料的组成、结构、尺寸和受力方向等因素有关。晶体结构的材料,其强度与晶粒的粗细有关,晶粒尺寸较细的强度较高。玻璃属于脆性材料,抗拉强度较低,但是制成玻璃纤维后则成了很好的抗拉材料。材料的强度还与受力形式和受力方向有关,砖、砂浆、混凝土等的抗压强度较高,而抗拉和抗弯强度较低;木材和玻璃纤维增强塑料的顺纤维抗拉强度高于抗压强度;钢材的抗拉强度和抗压强度都很高。

材料的强度是在一定条件下用一定的方法测试得到的,测试条件和方法、试件的形状、尺寸、表面状况、加荷速度、环境的温湿度等均不同程度地影响测试结果。因此,建筑材料的力学性能测试必须严格遵照相关标准规定的试验方法进行。

3) 材料的强度等级

材料的强度差别很大,通常按土木工程材料强度的大小划分成若干等级。普通硅酸盐水泥按 3d 和 28d 的抗折和抗压强度值分为 42.5、42.5R、52.5 和 52.5R 这 4 个等级;普通混凝土按抗压强度标准值分为 C15、C20、..., C80 共 14 个等级。