

等教育土建学科专业“十二五”规划教材



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

土木工程材料

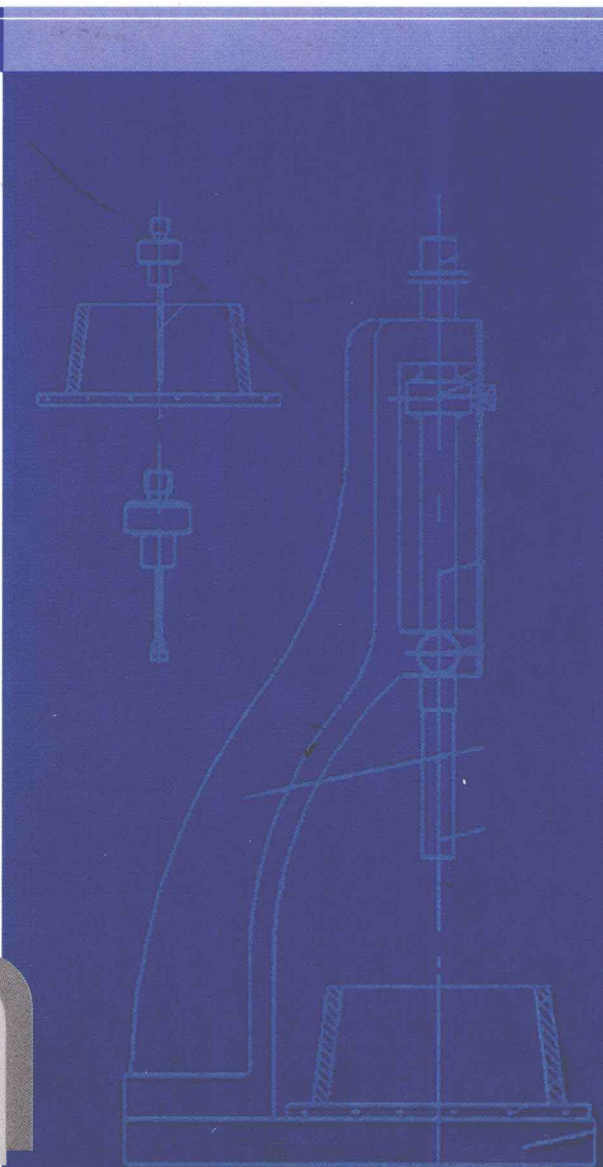
TUMU
GONGCHENG
CAILIAO

主编 施惠生 郭晓潞



重庆大学出版社

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





高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

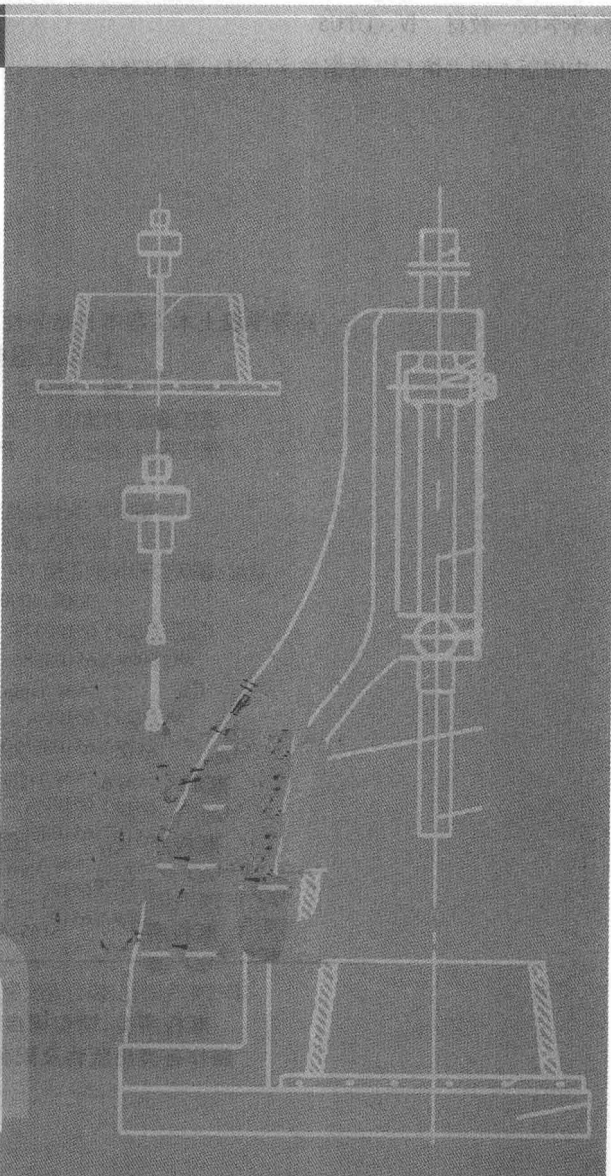
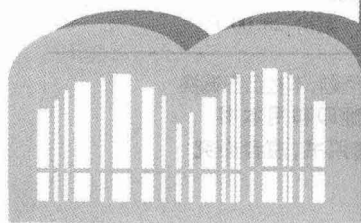
总主编 何若全

土木工程材料

TUMU
GONGCHENG
CAILIAO

主编 施惠生 郭晓潞

重庆大学出版社



内 容 提 要

本书是《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》之一。主要介绍土木工程中常用的土木工程材料的基本组成、材料性能、质量要求、检测方法,内容包括无机气硬性胶凝材料、水泥、砂浆、混凝土、砌筑材料和屋面材料、钢材、合成高分子材料、沥青材料、木材、绝热材料、吸声材料与隔声材料、装饰材料、新型防水材料、防火材料等。

本书以“高等学校土木工程本科指导性专业规范”为基本依据编写,可供高等工科院校土木工程及相关专业作教学用书,也可供从事建筑设计、施工、管理、监理等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/施惠生,郭晓潞主编. —重庆:重庆大学出版社,2011.10
高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材
ISBN 978-7-5624-6165-4

I. ①土… II. ①施…②郭… III. ①土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 087546 号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

土木工程材料

主编 施惠生 郭晓潞

责任编辑:林青山 版式设计:莫 西

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

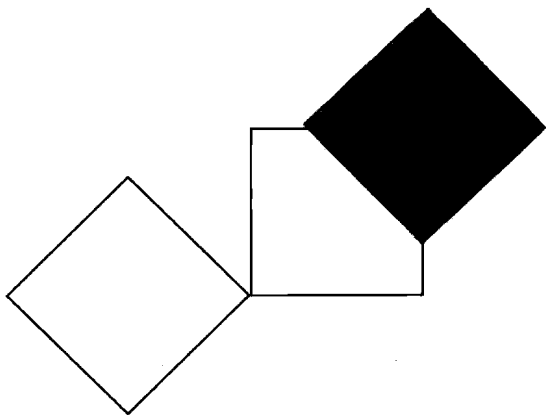
开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:412千

2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6165-4 定价:28.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



编委会名单

总 主 编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 张永兴

编 委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘 凡	刘 建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙 俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张 川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗 强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚 刚
袁建新	高 亮	黄林青	崔艳梅
梁 波	梁兴文	董 军	覃 辉
樊 江	魏庆朝		

总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

前 言

本书以高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业培养目标、培养规格及土木工程专业课程设置为指导原则,以专业指导委员会审定的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”为基本依据进行编写。编写内容吸取了近年来国内外土木工程材料新成就和我国新标准、新规范的内容,并根据土木工程领域技术发展和人才培养的需求,与时俱进地更新和充实了传统土木工程材料教科书的构架和内容,使之更适合现代社会的知识需求和教学要求。

“专业规范”明确指出,在土木工程专业的专业知识体系中,土木工程材料是专业技术相关基础的推荐课程;土木工程材料实验是专业基础实验的重要组成。根据“专业规范”要求,本书的课堂教学的推荐总学时为 36~45 学时;实验教学的总学时为 12~15 学时。因此,教材编写力求系统、精炼,教材内容在确保覆盖所有的核心知识单元的前提下,尽量避免与后续其他课程的不必要的重复,做到了专业规范全部核心知识单元的完整覆盖,并兼顾了教材的知识面和系统性。同时,为了方便教学,本书提供配套的电子课件及课后习题参考答案供教师免费下载(重庆大学出版社教育资源网,网址:<http://www.cqup.net/edusrc>)。

同济大学以土木工程见长并闻名于世,在“城市,让生活更美好”的中国 2010 上海世界博览会成功举办之际,我们编写这本书,以期为城市建设和土木工程材料的发展尽微薄之力。本书由同济大学环境材料研究所所长、博士生导师施惠生教授和郭晓潞博士主编,参加本书编写工作的还有天津城市建设学院杨久俊教授和江南大学宗永红副教授。各章编写分工为:绪言——施惠生、郭晓潞;第 1,2 章——郭晓潞、施惠生;第 3,4,5 章——施惠生、郭晓潞;第 6 章——杨久俊、郭晓潞;第 7 章——施惠生、杨久俊;第 8,9 章——郭晓潞、施惠生;第 10 章——宗永红、郭晓潞;第 11 章——郭晓潞、宗永红,第 12 章——郭晓潞、施惠生。此外,本书的编写工作还得到了吴凯、王程、阚黎黎、邓恺、施京华、沙丹丹等的大力帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平的局限性,本书难免有谬误之处,诚请广大读者指正。

编 者

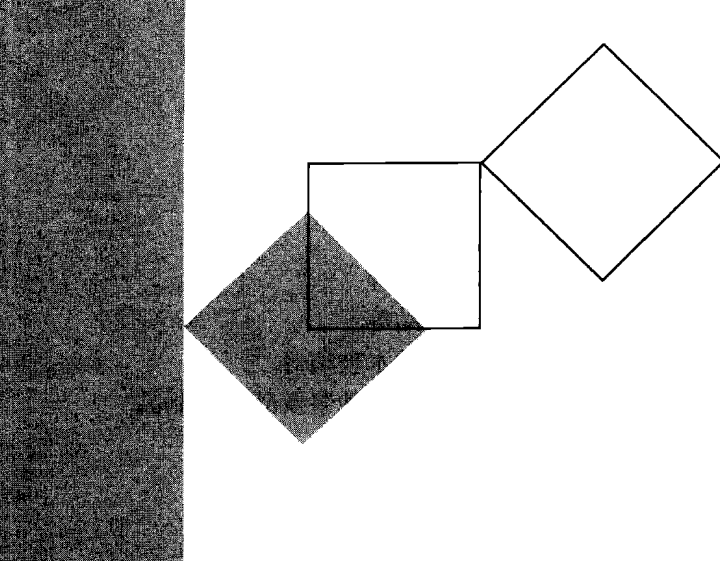
2011 年 6 月于同济新园

目 录

绪言	1
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 材料的力学性质	7
1.3 材料与水有关的性质	10
1.4 材料的热性质	13
1.5 材料的耐久性	15
课后习题	16
2 无机气硬性胶凝材料	17
2.1 石灰	17
2.2 石膏	21
2.3 水玻璃	24
课后习题	27
3 水泥	28
3.1 硅酸盐系水泥	28
3.2 其他品种水泥	49
课后习题	53
4 建筑砂浆	54
4.1 砂浆的技术要求	54
4.2 砌筑砂浆	58
4.3 其他砂浆	63
4.4 预拌砂浆	66
课后习题	68

5	混凝土	69
5.1	混凝土的分类与特点	70
5.2	普通混凝土的组成材料	71
5.3	混凝土外加剂	82
5.4	新拌混凝土的和易性	86
5.5	硬化混凝土的强度	90
5.6	硬化混凝土的耐久性	93
5.7	硬化混凝土的变形性	95
5.8	混凝土质量控制与强度评定	97
5.9	普通混凝土的配合比设计	100
5.10	其他种类混凝土	107
	课后习题	112
6	砌筑材料和屋面材料	113
6.1	石材	113
6.2	墙体材料	117
6.3	屋面材料	125
	课后习题	127
7	钢材	128
7.1	钢的生产和分类	129
7.2	化学成分对钢材性能的影响	132
7.3	钢材的技术性质	133
7.4	钢材的冷加工和热处理	137
7.5	土木工程用钢的品种和选用	139
7.6	钢材的腐蚀与防护	144
	课后习题	147
8	合成高分子材料	148
8.1	高分子化合物的基本概念	148
8.2	工程塑料	151
8.3	胶粘剂	156
	课后习题	159
9	沥青材料	160
9.1	石油沥青及煤沥青	160
9.2	沥青基防水材料	165
9.3	沥青混合料	168
	课后习题	175

10	木材	176
10.1	木材的分类和构造	177
10.2	木材的物理和力学性质	179
10.3	木材的防护	185
10.4	木材的应用	187
	课后习题	190
11	其他工程材料	191
11.1	绝热材料	191
11.2	吸声材料与隔声材料	193
11.3	装饰材料	195
11.4	新型防水材料	199
11.5	防火材料	208
	课后习题	213
12	土木工程材料试验	214
	试验一 材料基本物理性质试验	214
	试验二 水泥试验	216
	试验三 混凝土用骨料试验	224
	试验四 普通混凝土试验	233
	试验五 砂浆试验	239
	试验六 烧结普通砖抗压强度试验	242
	试验七 钢筋试验	244
	试验八 石油沥青试验	248
	参考文献	252



绪 言

土木工程材料指土木工程中使用的各种材料及制品,它是构成建筑物的最基本元素,是一切土木工程的物质基础。

土木工程材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。人类最早穴居巢处,随着社会生产力的发展,人类进入能制造简单工具的石器、铁器时代,才开始挖土、凿石为洞、伐木搭竹为棚,利用天然材料建造非常简陋的房屋等,这是最原始的土木工程。到了人类能够用黏土烧制砖、瓦,用岩石烧制石灰、石膏之后,土木工程材料才由天然材料进入到人工生产阶段,为较大规模建造土木工程创造了基本条件。

18 世纪至 19 世纪,资本主义兴起,促进了工商业及交通运输业的蓬勃发展,原有的土木工程材料已不能与此相适应,在其他科学技术进步的推动下,土木工程材料进入到一个新的发展阶段,钢材、水泥、混凝土及其他材料相继问世,为现代土木工程材料奠定了基础。

进入 20 世纪后,由于社会生产力突飞猛进,以及材料科学与工程学的形成和发展,土木工程材料不仅性能和质量不断改善,而且品种不断增加,以有机材料为主的化学建材异军突起,一些具有特殊功能的新型土木工程材料也应运而生。

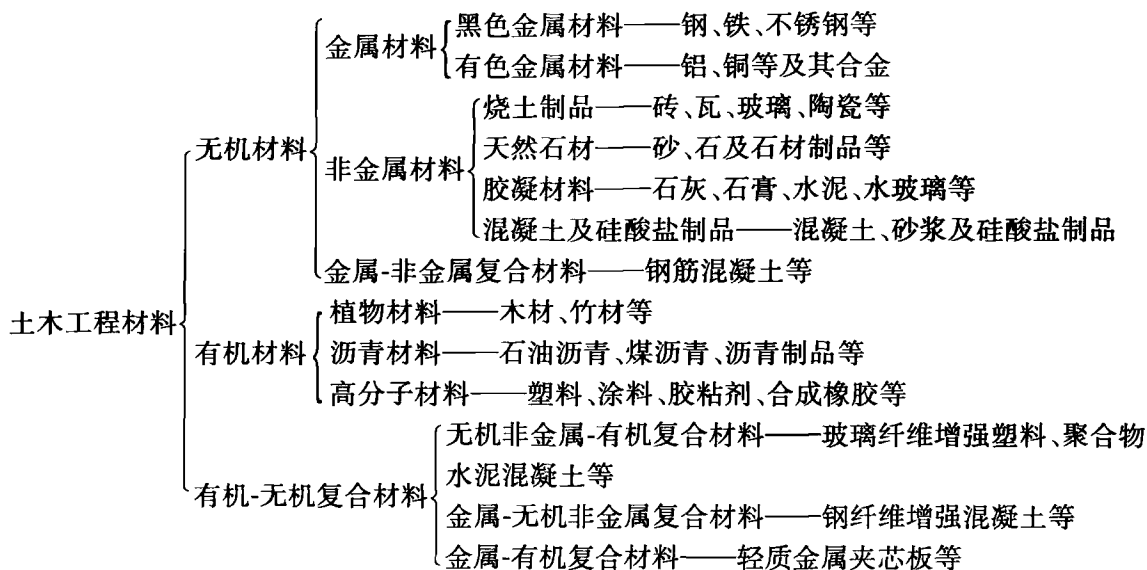
1) 土木工程材料的分类

土木工程材料品种门类繁多,性能各异,用途不同,价格相差较大。同时,土木工程材料用量巨大,因而,正确选择及合理使用土木工程材料,在很大程度上决定着建筑物的安全、适用、美观和成本,又在很大程度上影响着结构形式和施工速度。为了便于选择,首先应对其进行合理分类。

土木工程材料可按不同原则进行分类。

(1) 按材料的化学成分划分

根据材料组成物质的种类及化学成分,土木工程材料可分为无机材料、有机材料及有机-无机复合材料三大类,如下所示:



(2) 按材料来源划分

根据材料的来源,土木工程材料可分为天然材料及人造材料。

(3) 按材料使用部位划分

根据材料的使用部位,土木工程材料可分为承重材料、墙体材料、屋面材料等。

(4) 按材料功能划分

根据材料的功能,土木工程材料可分为两大类:

结构材料——主要用作承重的材料,如梁、板、柱所用材料。

功能材料——主要是利用材料的某些特殊功能,如用于装饰、防水抗渗、绝热、保温、吸声、耐热防火、耐磨、耐腐蚀、防爆、防腐蚀等的材料。

一般说来,优良的土木工程材料必须具备足够的强度,能够安全地承受设计荷载;自身的重量(表观密度)以轻为宜,以减少下部结构和地基的负荷;具有与使用环境相适应的耐久性,以便减少维修费用;用于装饰的材料,应能美化房屋并能产生一定的艺术效果;用于特殊部位的材料,应具有相应的特殊功能,如:屋面材料要能隔热、防水,楼板和内墙材料要能隔声等。除此之外,土木工程材料在生产过程中还应尽可能保证低能耗、低物耗及环境友好。

2) 土木工程材料的标准化

为了适应现代化生产科学管理的需要,专门的机构必须对土木工程材料产品的各项技术制定统一的执行标准,对其产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收方法、验收规则、标志、运输和贮存等方面作出详尽而明确的规定,作为有关生产、设计应用、管理和研究等部门共同遵循的依据。

世界各国对土木工程材料的标准化都非常重视,均有自己的国家标准。随着我国对外开放和加入世界贸易组织(WTO),常常会涉及这些标准,其中主要有:世界范围统一使用的国际标准,代号为 ISO;美国材料试验学会标准,代号为 ASTM;德国工业标准,代号为 DIN;英国标准,代号为 BS;法国标准,代号为 NF;日本工业标准,代号为 JIS 等。熟悉相关的技术标准并了解制定标准的科学依据,也是十分必要的。

《中华人民共和国标准化法》将我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准、企业标准

4 级。

(1) 国家标准

国家标准是指由国家标准化管理机构批准发布,对全国经济、技术发展有重大意义,且在全国范围内统一的标准。国家标准有强制性标准(代号为 GB)、推荐性标准(代号为 GB/T)。

(2) 行业标准

行业标准也是全国性的标准,但是它是由主管生产部(或总局)发布,如建材行业标准(代号为 JC),建工行业标准(代号为 JG),冶金行业标准(代号为 YB),交通行业标准(代号为 JT)。

(3) 地方标准

地方标准是地方主管部门发布的地方性标准(代号为 DB)。

(4) 企业标准

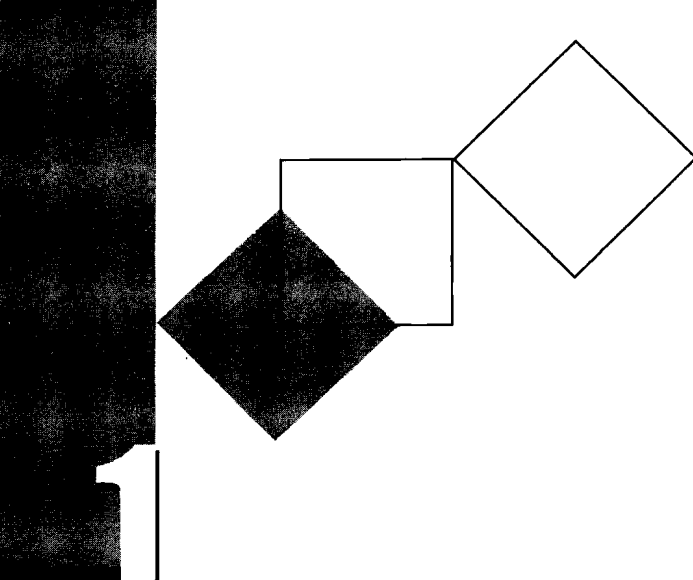
企业标准则仅适用于本企业(代号为 QB)。凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。

标准的一般表示方法,是由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成。例如:《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009)。对于强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于其规定的要求;对推荐性国家标准,表示也可以执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

3) 本课程的内容与学习

本课程作为土木工程类各专业基础课,将通过课堂教学,采用现行的最新标准和规范,系统讲述常用土木工程材料的基本性能及应用。主要内容包括:无机气硬性胶凝材料、水泥、砂浆、混凝土、砌筑材料和屋面材料、钢材、合成高分子材料、沥青材料、木材、其他工程材料、土木工程材料试验等。在本课程的学习过程中,要注意了解事物的本质和其内在联系,弄清形成这些性质的内在原因和这些性质之间的相互关系。对于同一类属的不同品种的材料,不但要学习它们的共性,更重要的是要了解它们各自的特性和具备这些特性的原因。一切材料的性质都不是固定不变的,在使用过程中,甚至在运输和储存过程中,它们的性质都在不断起着变化。为了控制材料在使用前和使用中的变质问题,还必须了解引起变化的外界条件和材料本身的内在原因,从而了解变化的规律,以保证土木工程的耐久性。

除了课堂教学,试验课是本课程必不可少的重要教学环节,其任务是验证基本理论、学习试验方法和技术、培养严谨缜密的科学态度和科学研究能力。进行试验时,要严肃认真,一丝不苟,即使对操作相对比较简单的试验,也不应例外。特别应注意了解试验条件对试验结果的影响,并对试验结果做出正确的分析和判断。通过试验,加深对理论知识的理解,增强对土木工程材料的感性认识。



土木工程材料的基本性质

本章导读:

- **基本要求** 掌握土木工程材料的基本物理性质和基本力学性质,熟悉材料的密度、表观密度和堆积密度间的关系;了解土木工程材料与水有关的性质以及热性质等;掌握土木工程材料的耐久性能。
- **重点** 土木工程材料的基本物理性质、力学性质和耐久性。
- **难点** 土木工程结构物的基本性质与工程特性的内在关系。

土木工程材料是构成土木工程的物质基础。所有的建筑物、桥梁、道路等都是由各种不同的材料经设计、施工建造而成。这些材料在各个部位起着各种不相同的作用,为此要求材料必须具备相应的不同性质。如建筑物的梁、板、柱以及承重墙体主要承受荷载的作用;屋面要承受风霜雨雪的侵蚀且能绝热、防水等;墙体要起到抗冻、绝热、隔声等作用;基础除承受建筑物全部荷载外,还要承受冰冻及地下水的侵蚀。此外,长期暴露在大气环境中或与侵蚀性介质相接触的各种建筑物或构筑物,还会受到冲刷、磨损、化学侵蚀、生物作用、干湿循环、冻融循环等破坏作用。为了保证建筑物或构筑物能安全、经济、美观、经久耐用,必须熟悉和掌握各种土木工程材料的基本性质,并在工程设计与施工中正确选择和合理使用材料。

1.1 材料的基本物理性质

1.1.1 材料的密度、表观密度和堆积密度

1) 材料的密度(ρ)

密度是指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 ——材料的密度, g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

所谓绝对密实状态下的体积,是指不含有任何孔隙的体积。常用土木工程材料中,除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料内部都有一些孔隙,如砖、石材等块状材料。在测定这些有孔隙材料的密度时,应把材料磨成细粉,经干燥至恒重后,用李氏瓶测定其绝对密实体积,然后计算得到密度值。材料磨得越细,内部孔隙消除得越完全,测得的密实体积数值也就越精确,因此,一般要求细粉的粒径至少小于 0.20 mm 。

2) 材料的表观密度(ρ_0)

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。按下式计算:

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的质量, kg 或 g ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积(包括材料实体及其内部孔隙的体积), m^3 或 cm^3 。

测定材料自然状态体积的方法较简单,对于规则形状材料的体积,可直接度量外形尺寸,按几何公式计算。对于不规则形状材料的体积,可用排液法求得,为了防止液体由孔隙渗入材料内部而影响测量值,应在材料表面封蜡。

此外,材料的表观密度与含水状况有关。材料含有水分时,它的质量和体积都会发生变化,因而表观密度亦不相同。故测定材料表观密度时,以干燥状态为准,而对含水状态下测定的表观密度,应注明含水情况,未特别标明者,常指气干状态下的表观密度。

3) 材料的堆积密度(ρ'_0)

堆积密度是指散粒材料或粉状材料在自然堆积状态下单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的自然堆积体积, m^3 。

材料的自然堆积体积包括材料绝对体积、内部所有孔隙体积及颗粒间的空隙体积。材料的堆积密度反映散粒构造材料堆积的紧密程度及材料可能的堆放空间,常用其所填充满的容器的标定容积来表示。若散粒材料的堆积方式是松散的,即为自然堆积,由自然堆积测试得到的是自然堆积密度;若是捣实的,即为紧密堆积,由紧密堆积测试得到的是紧密堆积密度。

1.1.2 材料的孔隙率与密实度

1) 材料的孔隙率(P)

大多数土木工程材料的内部都含有孔隙,这些孔隙会对材料的性能产生不同程度的影响。

通常认为,孔隙可从两个方面对材料产生影响:一是孔隙的多少;二是孔隙的特征。材料中含有孔隙的多少常用孔隙率来表征。孔隙率是指材料内部孔隙的体积(V_p)占材料总体积(V_0)的百分率。因为 $V_p = V_0 - V$ (三者单位相同; V 为材料在绝对密实状态下的体积),所以孔隙率 P 的计算公式为:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.4)$$

式中 P ——材料孔隙率,%;

V_0 ——材料总体积(在自然状态下的体积,包括材料实体及其内部所含孔隙体积), cm^3 或 m^3 ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

2) 材料的密实度(D)

与材料孔隙率相对应的另一个概念,是材料的密实度。密实度是指材料内部固体物质的实体积占材料总体积的百分率,可用下式表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% = 1 - P \quad (1.5)$$

式中 D ——材料的密实度,%。

材料的孔隙特征(指材料孔隙的大小、形状、分布、连通与否等孔隙构造方面的特征)对材料的物理、力学性质均有显著影响。以下为经常涉及到的3个特征:

①按孔隙尺寸大小,可把孔隙分为微孔、细孔和大孔3种。

②按孔隙之间是否相互贯通,把孔隙分为互相隔开的孤立孔或互相贯通的连通孔。

③按孔隙与外界之间是否连通,把孔隙分为与外界相连通的开口孔隙(简称开孔)或不相连通的封闭孔隙(简称闭孔)(见图1.1)。若把开孔的孔体积记为 V_K ,闭孔的孔体积记为 V_B ,则有 $V_p = V_K + V_B$ 。此外,若定义开孔孔隙率为 $P_K = \frac{V_K}{V_0}$,闭孔孔隙率为 $P_B = \frac{V_B}{V_0}$,则孔隙率:

$$P = P_K + P_B \quad (1.6)$$

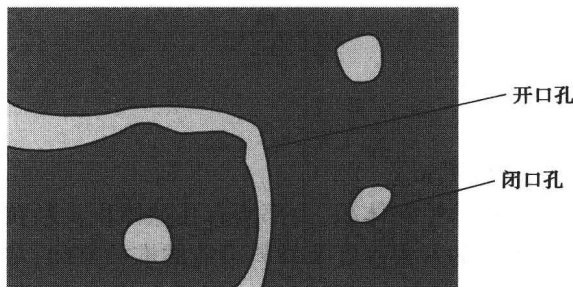


图 1.1 材料内部孔隙示意图

1.1.3 材料的空隙率与填充率

散粒或粉状材料颗粒间的空隙多少常用空隙率来表示。空隙率定义为:散粒或粉状颗粒之间的空隙体积(V_s)占堆积体积(V_0)的百分率,因为 $V_s = V'_0 - V_0$,所以空隙率 P' 的计算公式为:

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

式中 P' ——材料空隙率,%。

空隙率表示的是材料颗粒间的空隙,与它相对应的是填充率,即散粒材料堆积体积中,颗粒填充的程度。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 材料的力学性质

1.2.1 强度和比强度

1) 强度

材料的强度是指材料在外力作用下不破坏时能承受的最大应力。由于外力的作用形式不同,材料破坏时的应力形式也不同,工程中最基本的外力作用如图 1.2 所示,相应的强度就分为抗压强度、抗拉强度、抗弯(抗折)强度及抗剪强度等。

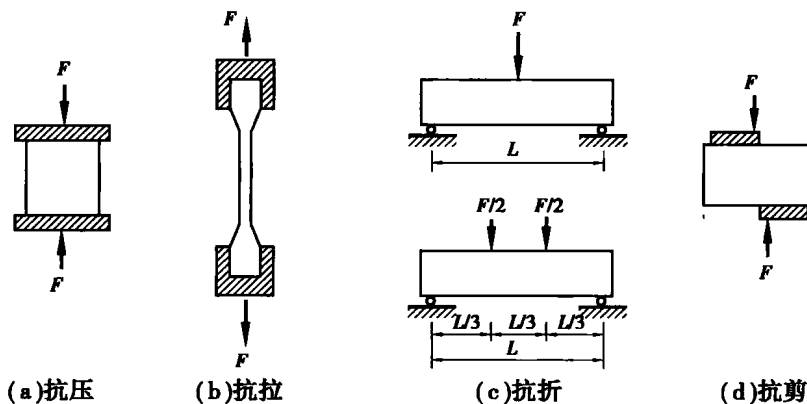


图 1.2 材料所受外力示意图

材料的抗压、抗拉、抗剪强度可由下式计算:

$$f = \frac{P}{F} \quad (1.9)$$

式中 f ——材料的抗压、抗拉或抗剪强度,MPa;

P ——材料破坏时的最大荷载,N;

F ——受力面面积, mm^2 。

对于矩形截面的条形试件,其抗弯强度有两种情况。将抗弯试件放在两支点上,当外力为作用在试件中心的集中荷载,抗弯强度(也称抗折强度)可用下式计算:

$$f_{\text{弯}} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1.10)$$

当在试件两支点的三分点处作用两个相等的集中荷载($P/2$),其抗弯强度按下式计算:

$$f_{\text{弯}} = \frac{PL}{bh^2} \quad (1.11)$$

式中 $f_{\text{弯}}$ ——材料的抗弯(抗折)强度,MPa;

P ——材料破坏时的最大荷载,N;

b 、 h ——分别为试件截面的宽度和高度,mm。

影响材料强度的因素很多,材料的组成及结构等内部因素是其中之一。材料的孔隙率增加,强度将降低;一般表观密度大的材料,其强度也大。晶体结构的材料,其强度还与晶粒粗细有关,其中细晶粒的强度高。材料的强度还与其含水状态及温度有关,含有水分的材料,其强度较干燥时的低。一般情况下,温度升高时,材料的强度将降低,这对沥青混凝土尤为明显。此外,材料的强度还与测试条件和方法等外部因素有关。如材料相同,采用小试件测得的强度较大试件高;加荷速度快时,荷载的增长大于材料变形速度,所测出的强度值就会偏高;试件表面不平或表面涂有润滑剂时,所测强度值偏低。

2) 比强度

承重的结构材料除了承受外荷载力,尚需承受自身重力。反映材料轻质高强的力学参数是比强度,比强度是指单位体积质量的材料强度,它等于材料的强度与其表观密度之比(f/ρ_0)。比强度是衡量材料是否轻质、高强的重要指标。

1.2.2 弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形,当外力去除后能完全恢复到原始形状的性质称为弹性。这种可恢复的变形称为弹性变形,如图 1.3 所示。当外力去除后,材料仍保持变形后的形状和尺寸,且不产生裂缝的性质,称为塑性。这种不可恢复的变形称为塑性变形,如图 1.4 所示。

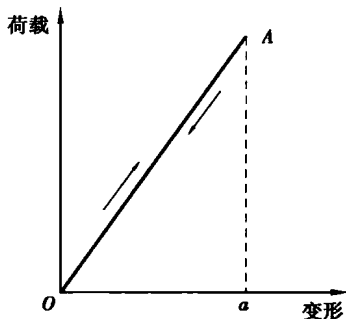


图 1.3 材料的弹性变形曲线

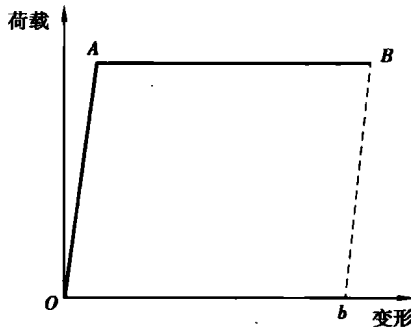


图 1.4 材料的塑性变形曲线

土木工程中有不少材料为弹塑性材料。它们在受力时,弹性变形和塑性变形会同时发生,外力去除后,弹性变形恢复,塑性变形保留(见图 1.5)。

材料在弹性变形范围内,弹性模量 E 为常数,其值等于应力 σ 与应变 ε 的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1.12)$$

式中 E ——材料的弹性模量,MPa;