

工科课程提高与应试丛书

土木工程材料 典型题解析及自测试题

张德思 主编

张德思 成秀珍 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书分两部分。第一部分按《土木工程材料》教材的篇章分别给出内容提要、典型题解析及供读者做的习题,每章习题分为是非判断题、填充题、单项选择题、问答题及计算题五类;第二部分给出自测试题 4 套;附录部分给出各章习题及自测试题的答案。

本书可用作大学本科土木工程材料课程学习的参考教材,也可作为电大、自学考试学生的辅助教材及用作报考硕士研究生读者的考前参考和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料典型题解析及自测试题/张德思,成秀珍编.—西安:西北工业大学出版社,2002.2

(工科课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1438-3

. 土 张 ... 成 土木工程-建筑材料-高等学校-自学参考资料 . TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 007001 号

出版发行:西北工业大学出版社

通讯地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8491757

网 址: <http://www.nwpup.com>

印 刷 者:长安县第二印刷厂

开 本:850 mm × 1 168 mm 1/32

印 张:9.5

字 数:237 千字

版 次:2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~6 000 册

定 价:13.00 元

前 言

为了便于广大读者能更好地掌握土木工程专业基础课“土木工程材料”的内容,更好地培养读者分析问题和解决工程实际问题的能力,按照西北工业大学出版社工科课程提高与应试丛书的安排,组织编写了《土木工程材料典型题解析及自测试题》。

在我国经济建设中,土木工程材料占据着极为重要的地位。各项建设的开始,无一例外地首先都是土木工程基本建设,而土木工程材料则是一切土建工程中必不可缺的物质基础。由于土木工程材料的品种十分庞杂,性能各异,实践性强,且多学科知识渗透,技术信息含量高,同学们在学习过程中普遍反映不易掌握。编者积 30 余年从事土木工程材料教学、研究之经验,以成此书,希望能对同学们在学习土木工程材料课程时有所裨益。

《土木工程材料典型题解析及自测试题》的编写分工:第一部分各章内容提要、典型题解析,第二部分自测试题及解答由张德思编写;全书第一部分各章习题及习题答案由成秀珍编写。全书由张德思统稿并任主编。

西北工业大学出版社的领导和编辑在本书出版中给予了许多关怀和帮助,在此一并表示衷心的感谢。本书中的例题和习题,部分源自于国内外有关教材,在此亦向原编著者致谢。

鉴于时间短促和编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者、同仁给予批评指正。

M_x

编 者

2001 年 10 月

目 录

第一部分 典型题解析

第一章 土木工程材料的基本性质.....	1
一、内容提要	1
二、典型题解析	15
三、习题一	18
第二章 气硬性无机胶凝材料	21
一、内容提要	21
二、典型题解析	30
三、习题二	34
第三章 水泥	37
一、内容提要	37
二、典型题解析	53
三、习题三	62
第四章 混凝土	66
一、内容提要	66
二、典型题解析	109
三、习题四	128

第五章	建筑砂浆	134
一、	内容提要	134
二、	典型题解析	140
三、	习题五	143
第六章	砖、石、砌块	146
一、	内容提要	146
二、	典型题解析	153
三、	习题六	157
第七章	建筑钢材	160
一、	内容提要	160
二、	典型题解析	174
三、	习题七	180
第八章	木材	184
一、	内容提要	184
二、	典型题解析	189
三、	习题八	193
第九章	建筑塑料	196
一、	内容提要	196
二、	典型题解析	199
三、	习题九	202
第十章	防水材料	204
一、	内容提要	204
二、	典型题解析	220

三、习题十	228
第十一章 绝热材料和吸声材料	233
一、内容提要	233
二、典型题解析	239
三、习题十一	242
第十二章 装饰材料.....	245
一、内容提要	245
二、典型题解析	251
三、习题十二	254

第二部分 自测试题

自测试题一(多学时)	257
自测试题二(多学时)	259
自测试题三(中学时)	262
自测试题四(中学时)	264

附录 习题及自测试题答案

附录一 习题答案.....	267
附录二 自测试题答案.....	282
参考文献.....	292

第一部分 典型题解析

第一章 土木工程材料的基本性质

一、内容提要

(一) 材料的组成

1. 化学组成

无机非金属建筑材料的化学组成以各种氧化物含量来表示。金属材料以元素含量来表示。化学组成决定着材料的化学性质,影响其物理性质和力学性质。

2. 矿物组成

材料中的元素和化合物是以特定的矿物形式存在并决定着材料的许多重要性质。矿物组成是无机非金属材料中化合物存在的基本形式。

(二) 材料的结构与构造

1. 宏观结构(构造)

材料的宏观结构是指用肉眼和放大镜能够分辨的粗大组织,其尺寸约为毫米级大小,以及更大尺寸的构造情况。宏观构造,按

孔隙尺寸可以分为:

(1)致密结构:基本上是无孔隙存在的材料。例如钢铁、有色金属、致密天然石材、玻璃、玻璃钢、塑料等。

(2)多孔结构:是指具有粗大孔隙的结构。如加气混凝土、泡沫混凝土、泡沫塑料及人造轻质材料等。

(3)微孔结构:是指微细的孔隙结构。如石膏制品、黏土砖瓦等。

(4)纤维结构:是指木材纤维、玻璃纤维、矿物棉纤维所具有的结构。

(5)层状结构:采用粘结或其他方法将材料叠合成层状的结构。如胶合板、叠合人造板、蜂窝夹芯板、以及某些具有层状填充料的塑料制品等。

(6)散粒结构:是指松散颗粒状结构。比如混凝土骨料、用作绝热材料的粉状和粒状的填充料。

2. 微观结构

微观结构是指材料在原子、分子层次的结构。材料的微观结构,基本上可分为晶体与非晶体。晶体结构的特征是其内部质点(离子、原子、分子)按照特定的规则在空间周期性排列。非晶体也称为玻璃体或无定形体,如无机玻璃。玻璃体是化学不稳定结构,容易与其他物体起化学作用。

3. 亚微观结构

亚微观结构也称作细观结构,是介于微观结构和宏观结构之间的结构形式。如金属材料晶粒的粗细及其金相组织,木材的木纤维,混凝土中的孔隙及界面等。

从宏观、亚微观和微观 3 个不同层次的结构上来研究土木工程材料的性质,才能深入其本质,对改进与提高材料性能以及创制新型材料都有着重要的意义。

(三) 材料的基本物理性质

土木建筑工程材料的基本性质,是指材料处于不同的使用条件和使用环境时,通常必须考虑的最基本的、共有的性质。因为土木建筑材料处于建(构)筑物的部位不同、使用环境不同、人们对材料的使用功能要求不同,所起的作用就不同,要求的性质也就有所不同。

1. 材料的体积

体积是材料占有的空间尺寸。由于材料具有不同的物理状态,因而表现出不同的体积。

(1) 材料的绝对密实体积:材料在绝对密实状态下的体积。即材料内部没有孔隙时的体积,或不包括内部孔隙的材料体积。一般以 V 表示材料的绝对密实体积。

(2) 材料的表观体积:材料在自然状态下的体积,即整体材料的外观体积(包括内部孔隙)。一般以 V_0 表示材料的表观体积。

(3) 材料的堆积体积:粉状或粒状材料,在堆积状态下的总体外观体积。根据其堆积状态不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积状态下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。材料的堆积体积一般以 V' 来表示。

2. 材料的密度

材料的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

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V ——材料的绝对密实体积, cm^3 或 m^3 。

测试时,材料必须是绝对干燥状态。含孔材料则必须磨细后采用排开液体的方法来测定其体积。

3. 材料的表观密度

表观密度(俗称“容重”)是指材料在自然状态下单位体积的质量,按下式计算

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

式中 ρ —— 材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m —— 材料的质量, g 或 kg ;

V_0 —— 材料的表观体积, cm^3 或 m^3 。

材料的表观体积是指包括内部孔隙在内的体积。因为大多数材料的表观体积中包含有内部孔隙,其孔隙的多少,孔隙中是否含有水及含水的多少,均可能影响其总质量(有时还影响其表观体积)。因此,材料的表观密度除了与其微观结构和组成有关外,还与其内部构成状态及含水状态有关。

4. 材料的堆积密度

堆积密度是指粉状或粒状材料,在堆积状态下单位体积的质量。按下式计算

$$\rho' = \frac{m}{V'}$$

式中 ρ' —— 材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m —— 材料的质量, g 或 kg ;

V' —— 材料的堆积体积, cm^3 或 m^3 。

粉状或粒状材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙。

在建筑工程中,计算材料用量、构件的自重、配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。

5. 材料的密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。密实度的计

算式如下

$$D = \frac{\rho}{\rho_0}$$

对于绝对密实材料, 因 $\rho = \rho_0$, 故密实度 $D = 1$ 或 100% 。对于大多数土木工程材料, 因 $\rho < \rho_0$, 故密实度 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

6. 孔隙率

材料的孔隙率是指材料内部孔隙的体积占材料总体积的百分率。孔隙率 P 按下式计算

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{\rho}{\rho_0}$$

7. 空隙率

空隙率是指散粒材料在其堆积体积中, 颗粒之间的空隙体积所占的比例。空隙率 P' 按下式计算(以百分数表示)

$$P' = \frac{V' - V_0}{V'} = 1 - \frac{V_0}{V'} = 1 - \frac{\rho}{\rho_0}$$

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。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

(四) 材料的亲水性与憎水性

与水接触时, 有些材料能被水润湿, 而有些材料则不能被水润湿, 对这两种现象来说, 前者为亲水性, 后者为憎水性。

材料具有亲水性或憎水性的根本原因在于材料的分子结构(是极性分子或非极性分子), 亲水性材料与水分子之间的分子亲和力大于水分子本身之间的内聚力; 反之, 憎水性材料与水分子之间的亲和力, 小于水分子本身之间的内聚力。

工程实际中, 材料是亲水性或憎水性, 通常以润湿角的大小划分, 润湿角为在材料、水和空气的交点处, 沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角。其中润湿角 θ 愈小, 表明材料愈易被水润湿。当材料的润湿角 $\theta < 90^\circ$ 时, 为亲水性材料; 当材料的润湿角

$\theta > 90^\circ$ 时,为憎水性材料。水在亲水性材料表面可以铺展开,且能通过毛细管作用自动将水吸入材料内部;水在憎水性材料表面不仅不能铺展开,而且水分不能渗入材料的毛细管中,见图 1-1。

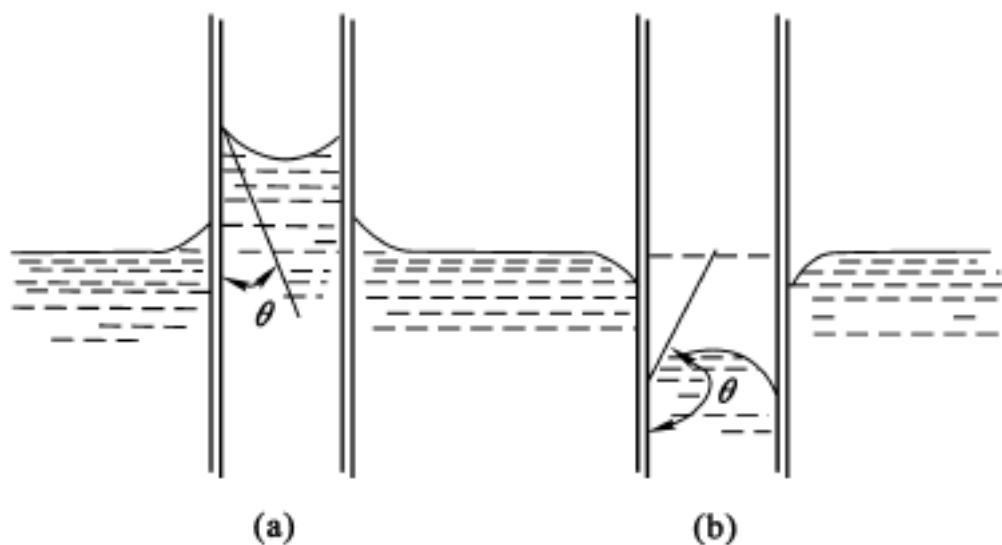


图 1-1 材料毛细管吸水性示意图

(a) 亲水性毛细管; (b) 憎水性毛细管

(五) 材料的吸水性

材料能吸收水分的能力,称为材料的吸水性。吸水能力的大小以吸水率来表示。

1. 质量吸水率^{*} (吸水质量分数)

质量吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸水量占材料在干燥状态下的质量比,并以 w_m 表示。质量吸水率 w_m 的计算公式为

$$w_m = \frac{m_b - m_g}{m_g} \times 100\%$$

式中 m_b —— 材料吸水饱和状态下的质量, g 或 kg;
 m_g —— 材料在干燥状态下的质量, g 或 kg。

* 依国标 GB3103 - 93, 该术语的相同称谓为吸水质量分数。

2. 体积吸水率* (吸水体积分数)

体积吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸水的体积占材料自然体积的比值,并以 w_v 表示。体积吸水率 w_v 的计算公式为

$$w_v = \frac{m_b - m_g}{V_0} \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中 m_b —— 材料吸水饱和状态下的质量, g 或 kg;

m_g —— 材料在干燥状态下的质量, g 或 kg;

V_0 —— 材料在自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 ;

ρ_w —— 水的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 , 常温下取 $\rho_w = 1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

材料的吸水率与其孔隙率有关,更与其孔特征有关。因为水分是通过材料的开口孔吸入并经过连通孔渗入内部的。材料内与外界连通的细微孔隙愈多,其吸水率就愈大。

(六) 材料的吸湿性

材料的吸湿性是指材料在潮湿空气中吸收水分的性质。干燥的材料处在较潮湿的空气中时,便会吸收空气中的水分;而当较潮湿的材料处在较干燥的空气中时,便会向空气中放出水分。前者是材料的吸湿过程,后者是材料的干燥过程。由此可见,在空气中,某一材料的含水多少是随空气的湿度变化的。材料在任一条件下含水的多少称为材料的含水率** (含水质量分数),并以 w_h 表示,其计算公式为

$$w_h = \frac{m_s - m_g}{m_g}$$

式中 m_s —— 材料吸湿状态下的质量, g 或 kg;

m_g —— 材料在干燥状态下的质量, g 或 kg。

* 依国标 GB3101-93, 该术语的相同称谓为吸水体积分数。

** 依国标 GB3101-93, 该术语的相同称谓为含水质量分数。

显然,材料的含水率受所处环境中空气湿度的影响。当空气中湿度在较长时间内稳定时,材料的吸湿和干燥过程处于平衡状态,此时材料的含水率保持不变,其含水率称为材料的平衡含水率。

(七) 材料的耐水性

材料的耐水性是指材料长期在饱和水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。衡量材料耐水性的指标是材料的软化系数^{*} (软化因数) K_R :

$$K_R = \frac{f_b}{f_g}$$

式中 K_R —— 材料的软化系数;

f_b —— 材料吸水饱和状态下的抗压强度, MPa;

f_g —— 材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

软化系数反映了材料饱水后强度降低的程度,是材料吸水后性质变化的重要特征之一。一般材料吸水后,水分会分散在材料内微粒的表面,削弱其内部结合力,强度则会有不同程度的降低。当材料内含有可溶性物质时(如石膏、石灰等),吸入的水还可能溶解部分物质,造成强度的严重降低。

材料耐水性这一性质限制了材料的使用环境,软化系数小的材料耐水性差,其使用环境尤其受到限制。软化系数的波动范围在 0 至 1 之间。工程中通常将 $K_R > 0.85$ 的材料称为耐水性材料,可以用于水中或潮湿环境中的重要工程。用于一般受潮较轻或次要的工程部位时,材料软化系数也不得小于 0.75。

(八) 抗冻性

材料吸水后,在负温作用条件下,水在材料毛细孔内冻结成冰,体积膨胀所产生的冻胀压力造成材料的内应力,会使材料遭到

^{*} 依国标 GB3101-93,该术语的相同称谓为软化因数。

局部破坏。随着冻融循环的反复,材料的破坏作用逐步加剧,这种破坏称为冻融破坏。

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,能经受反复冻融循环作用而不破坏,强度也不显著降低的性能。抗冻性以试件在冻融后的质量损失、外形变化或强度降低不超过一定限度时所能经受的冻融循环次数来表示,或称为抗冻等级。

材料的抗冻等级可分为 F15, F25, F50, F100, F200 等,分别表示此材料可承受 15 次、25 次、50 次、100 次、200 次的冻融循环。材料的抗冻性与材料的强度、孔结构、耐水性和吸水饱和程度有关。

(九) 材料的抗渗性

抗渗性是材料在压力水作用下抵抗水渗透的性能。土木建筑工程中许多材料常含有孔隙、孔洞或其他缺陷,当材料两侧的水压差较高时,水可能从高压侧通过内部的孔隙、孔洞或其他缺陷渗透到低压侧。这种压力水的渗透,不仅会影响工程的使用,而且渗入的水还会带入能腐蚀材料的介质,或将材料内的某些成分带出,造成材料的破坏。

1. 渗透系数

材料的渗透系数可通过下式计算

$$K = \frac{Wd}{AtH}$$

式中 K —— 渗透系数, cm/h ;

W —— 渗水量, cm^3 ;

A —— 渗水面积, cm^2 ;

H —— 材料两侧的水压差, cm ;

d —— 试件厚度, cm ;

t —— 渗水时间, h 。

材料的渗透系数越小,说明材料的抗渗性越强。

2. 抗渗等级

材料的抗渗等级是指用标准方法进行透水试验时,材料标准试件在透水前所能承受的最大水压力,并以字母 P 及可承受的水压力(以 0.1 MPa 为单位)来表示抗渗等级。如 P4, P6, P8, P10, ..., 表示试件能承受逐步增高至 0.4 MPa, 0.6 MPa, 0.8 MPa, 1.0 MPa, ... 的水压而不渗透。

(十) 材料的热工性质

1. 导热性

当材料两面存在温度差时,热量从材料一面通过材料传导至另一面的性质,称为材料的导热性。导热性用导热系数 λ 表示。导热系数的定义和计算式如下所示

$$\lambda = \frac{Q d}{F Z (t_2 - t_1)}$$

式中 λ —— 导热系数, W/(m · K);

Q —— 传导的热量, J;

d —— 材料厚度, m;

F —— 热传导面积, m²;

Z —— 热传导时间, h;

$t_2 - t_1$ —— 材料两面温度差, K。

在物理意义上,导热系数为单位厚度的材料,两面温度差为 1 K 时在单位时间内通过单位面积的热量。

2. 热容量和比热(质量热容或比热容)

材料在受热时吸收热量,冷却时放出热量的性质称为材料的热容量。单位质量材料温度升高或降低 1 K 所吸收或放出的热量称为热容量系数或比热^{*}。比热的计算式如下所示,即

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

* 依国标 GB3101-93,该术语的相同称谓为质量热容或比热容。

式中 c ——材料的比热, $J/(g \cdot K)$;
 Q ——材料吸收或放出的热量, J ;
 m ——材料质量, g ;
 $t_2 - t_1$ ——材料受热或冷却前后的温差, K 。

3. 热阻和传热系数

热阻是材料层(墙体或其他围护结构)抵抗热流通过的能力, 热阻的定义及计算式为

$$R = d / \lambda$$

式中 R ——材料层热阻, $(m^2 \cdot K)/W$;
 d ——材料层厚度, m ;
 λ ——材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$ 。

热阻的倒数 $1/R$ 称为材料层(墙体或其他围护结构)的传热系数。传热系数是指材料两面温度差为 $1 K$ 时, 在单位时间内通过单位面积的热量。

4. 材料的温度变形性

材料的温度变形是指温度升高或降低时材料的体积变化。除个别材料以外, 多数材料在温度升高时体积膨胀, 温度下降时体积收缩。这种变化表现在单向尺寸时, 为线膨胀或线收缩, 相应的技术指标为线膨胀系数 δ 。材料的单向线膨胀量或线收缩量计算公式为

$$\Delta L = (t_2 - t_1) \delta L$$

式中 ΔL ——线膨胀或线收缩量, mm 或 cm ;
 $t_2 - t_1$ ——材料升(降)温前后的温度差, K ;
 δ ——材料在常温下的平均线膨胀系数, $1/K$;
 L ——材料原来的长度, mm 或 m 。

土木工程中, 对材料的温度变形大多关心其某一单向尺寸的变化, 因此, 研究其平均线膨胀系数具有实际意义。材料的线膨胀系数与材料的组成和结构有关, 常选择合适的材料来满足工程对温度变形的要求。