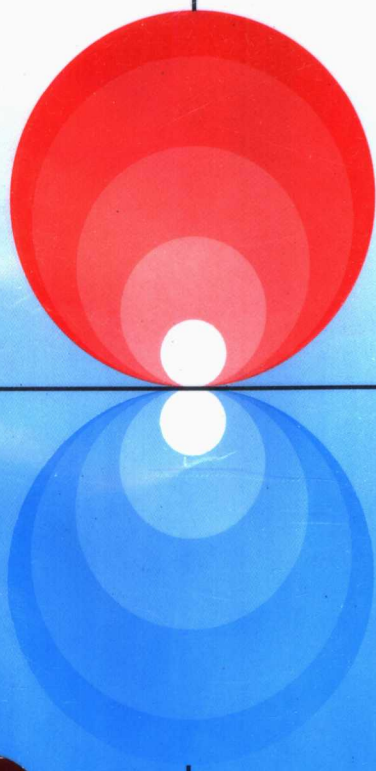


水利行业工人技术考核培训教材

BAGONG
HUNNINGTU
SHIYAN
GONG

坝工混凝土 实验工

主编 车黎明



黄河水利出版社

坝工混凝土实验工

主 编 车黎明

黄河水利出版社

坝工混凝土实验工 车黎明 主编

责任编辑:邵志峰

出版:黄河水利出版社

(地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼12层)

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:850mm×1168mm 1/32

版别:1996年3月第1版

印次:1998年9月郑州第2次印刷

印张:8.25

印数:801—1800

字数:207千字

ISBN 7-80621-015-6/TV·16

定价:18.60元

前 言

为了建立和完善水利行业工人考核培训体系,弥补新中国成立以来全国水利行业没有完整的、系统的工人培训教材的空白,我们组织水利行业一百多位专家学者编写了这套“水利行业工人考核培训教材”。本教材是依据劳动部、水利部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准(水利)》规定的32个行业工种要求编写的,编写的内容与技术考核规范和试题库相结合,并在每一章后设有思考题,能够满足水利行业技术工人考核前培训和职业技能鉴定的需要。

教材分为通用教材和专业教材两大类。通用教材共8本,分别为:《水利工程施工基础知识》、《工程力学与建筑结构设计基础知识》、《地质与土力学基础知识》、《水工建筑物基础知识》、《水力学与水文测验基础知识》、《水利工程制图基础知识》、《机械基础知识》、《电工基础知识》,其内容主要侧重于为30本专业教材配套使用的基础理论知识;专业教材共30本,分别为:《开挖钻工》、《水工爆破工》、《锻钎工》、《坝工模板工》、《坝工钢筋工》、《坝工混凝土工》、《钻探灌浆工》、《喷护工》、《防渗墙工》、《砌筑工》、《坝工土料实验工》、《坝工混凝土实验工》、《水工泥沙实验工》、《水工结构实验工》、《混凝土维修工》、《土石维修工》、《闸门运行工》、《水工防腐工》、《水工监测工》、《河道修防工与防治工》、《渠道维护工》、《灌区供水工》、《灌溉试验工》、《泵站机电设备维修工与泵站运行工》、《灌排工程工》、《水文勘测工》、《水文勘测船工》、《水土保持防治

工》、《水土保持测试工》、《水土保持勘测工》，其内容包括各工种的初、中、高级工的专业知识和技能知识。两类教材均突出了水利行业专业工种的特点，具有专业性、权威性、科学性、整体性、实用性和相对稳定性。它包括了本行业技术工人考核晋升技术等级时试题的范围和内容，是水利行业各工种职业技能鉴定的必备教材。

本次教材编写时参照的技术规范或规定、标准等是以1995年7月底尚在使用的为准，涉及的个别计量单位虽属非法定单位，但考虑到这些计量单位与有关规定、标准的一致性和实际使用的现状，本次出版时暂行保留，在今后修订时再予改正。

编写全国水利行业统一的工人培训教材，对于我们来说尚属首次，曾得到了各级领导、有关专家及广大水利职工的关怀和支持。经过大家一年来的辛勤耕耘和不断探索，现已面世出版了，但由于它是一项新的工作、新的尝试，不足之处在所难免，希望大家在使用中提出宝贵意见，使其日臻完善。

水利行业工人考核培训教材

编审委员会

一九九五年七月

目 录

第一章 建筑材料的基本性质	(1)
第一节 材料的密度、容重和孔隙率	(1)
第二节 材料的力学性质	(3)
第三节 材料与水有关的性质	(6)
第四节 材料的耐久性	(10)
第五节 材料的热学性质	(11)
第二章 水泥	(14)
第一节 水泥的品种	(14)
第二节 硅酸盐水泥	(15)
第三节 掺混合材的硅酸盐水泥	(26)
第四节 其他品种水泥	(33)
第五节 水泥的使用	(38)
第三章 混凝土的骨料	(42)
第一节 骨料分类与品质评定	(42)
第二节 砂石骨料的选择	(47)
第三节 砂石骨料的试验	(50)
第四节 砂石料的生产	(63)
第五节 砂石料的质量控制	(68)
第四章 混凝土外加剂	(73)
第一节 外加剂的定义、分类和质量标准	(73)
第二节 混凝土外加剂的应用	(76)
第三节 外加剂的试验	(92)
第五章 水泥混凝土	(101)
第一节 概述	(101)

第二节	混凝土的凝固与内部结构	(101)
第三节	混凝土的主要技术性质	(103)
第四节	低热与膨胀混凝土	(127)
第五节	水下浇筑混凝土	(128)
第六节	碾压混凝土与防水混凝土	(131)
第七节	掺合料在混凝土中的应用	(136)
第六章	混凝土配合比设计	(141)
第一节	概述	(141)
第二节	混凝土配合比设计的步骤与方法	(141)
第三节	泵送混凝土配合比设计	(157)
第四节	水下混凝土配合比设计	(160)
第五节	喷射混凝土配合比设计	(162)
第六节	碾压混凝土配合比设计	(163)
第七章	砂浆	(170)
第一节	砂浆的基本性质	(170)
第二节	水工砂浆配合比的选择	(175)
第三节	其他砂浆	(179)
第八章	混凝土施工质量控制	(180)
第一节	原材料的质量控制及施工配合比的换算 与调整	(180)
第二节	混凝土的质量检测与控制	(186)
第三节	混凝土质量的早期判定方法	(190)
第四节	混凝土的质量评定指标	(192)
第五节	质量评定标准与验收	(194)
第九章	试验数据的分析处理	(198)
第一节	数理统计的应用	(198)
第二节	线性回归方法	(200)
第三节	正交设计简介	(206)

第十章	钢铁材料	(214)
第一节	钢铁的分类及性质.....	(214)
第二节	建筑钢材的力学性能及试验.....	(218)
第三节	建筑钢材的分类、钢号与应用	(223)
第四节	钢铁的腐蚀与保护.....	(229)
第十一章	水工沥青混凝土与聚合物混凝土	(232)
第一节	石油沥青的成分及主要技术性质.....	(232)
第二节	石油沥青的技术标准与应用.....	(235)
第三节	水工沥青混合料的性能要求及混凝土配合比 设计.....	(237)
第四节	塑料混凝土.....	(248)

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料是构成各种建筑物的基本组成部分。它们在不同建筑物中,或者在同一建筑物的不同部位上,都程度不同地承受着力学的、化学的、物理的和热力学的作用。如果在建设过程中材料选用不当,或者施工方法违反了材料性质的要求,都将直接影响到建筑物的耐久性和安全性,达不到设计使用的要求,给国家和人民带来不同程度的损失。所以工程建设者都应该掌握材料的基本性质,合理地选用不同的建筑材料,以求达到最佳的使用效果。

第一节 材料的密度、容重和孔隙率

材料的密度、容重和孔隙率决定于材料的组分、结构及构造。

一、密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的重量。计算公式如下

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-1)$$

式中 γ ——密度, g/cm^3 ;

G ——材料在干燥状态下的重量, g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积,或称为绝对体积, cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。材料的密度(g/cm^3)和 4°C 时水的密度($1\text{g}/\text{cm}^3$)之比值,称为材料的相对密度。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉(颗粒越细,

结果越精确),干燥后用比重瓶测定其体积。而对于形状不规则的密实材料,可不必磨成细粉,用排水法求得其实体积(近似值),这样计算出的密度称为视密度。

二、容重

容重是指材料在自然状态下单位体积的重量。计算公式如下

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——容重, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

G ——材料的重量, g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积,是指包含内部孔隙的体积。当材料含有水分时,其重量和体积均发生变化,从而影响了材料的容重。因此,在测定容重时,必须注明材料的含水状况。通常所说的材料的容重,是指材料在气干状态下(长期在空气中干燥)的容重。如在烘干状态下测得的容重,则称为干容重;而砂、石子等散粒料则按自然堆积时的体积计算,其单位体积的重量称为松散容重。

三、孔隙率

孔隙率是指材料体积中孔隙体积所占的百分率,以 ρ 表示,其数学表达式为

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

由于

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad \gamma_0 = \frac{G}{V_0}$$

所以

$$\rho = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \times 100\% \quad (1-3)$$

如果已知材料的密度 γ 和容重 γ_0 ,则可以利用上式计算出材料的孔隙率。其数值大小直接反映了材料的密实程度,影响材料的

力学、热学和耐久性能。

对于散粒状材料,如砂、石子等也可利用上式计算其空隙率。空隙率是指材料颗粒之间的空隙百分率。计算时,公式中的容重应代入材料的松散容重,密度则为视密度。

几种常用建筑材料的密度、容重值见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度和容重

材 料	密度 $\gamma(\text{g/cm}^3)$	容重 $\gamma_0(\text{kg/m}^3)$
石灰岩	2.60	1800~2600
碎石(石灰岩)	2.60	1400~1700*
普通粘土砖	2.50	1600~1800
普通硅酸盐水泥	3.10	1200~1300*
砂	2.50~2.60	1450~1650*
普通混凝土	—	2100~2600
轻骨料混凝土	—	800~1900
木 材	1.55	400~900
钢 材	7.85	7850
水(4℃时)	1.00	1000

* 为松散容重

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的有关变形性质和抵抗破坏的能力。

一、材料的强度

材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时,其内部就产生抵抗破坏的应力,随着外力的不断增加,该应力也相应地加大,直到质点间作用力不能承受时,材料

就破坏了,这时的极限应力值就是材料的极限强度。根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度以及抗剪强度等,如图 1-1 所示。

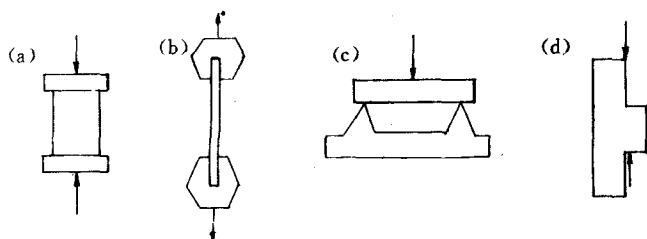


图 1-1 材料强度试验示意图

(a)受压 (b)受拉 (c)弯曲 (d)剪切

材料的抗压、抗拉及抗剪强度的计算公式如下

$$R = \frac{P}{S} \quad (1-4)$$

式中 R ——材料极限强度,Pa 或 kPa,MPa;

P ——破坏时最大荷载,N 或 kN;

S ——受力截面积,cm²。

材料的抗弯强度与测试方法有关,一般测定方法是將矩形截面的长条形试件放在两个支点上,在试件中间加一个或两个集中荷载,直到试件破坏为止。将破坏荷载 P 数值代入材料力学公式即可算出该材料的抗弯或抗折强度。

当中间加一个集中荷载时

$$R_{\text{弯}} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1-5a)$$

当加两个与梁中心线相对称的相等荷载时

$$R_{\text{弯}} = \frac{3P(L-a)}{bh^2} \quad (1-5b)$$

式中 P ——破坏时的荷载, N 或 kN;

L ——梁的跨度, 即两支点间的距离, cm;

b, h ——矩形试件梁截面的宽度及高度, cm;

a ——两荷载间的距离, cm。

不同的材料具有不同的强度, 同一材料也因制造方法和测试条件的不同而表现出不同的强度, 因而要正确地测定某种材料的强度, 就必须按照有关规定的要求进行测试。

二、材料的变形

材料在外力作用下就会产生不同程度的形状或体积的变化, 这就是材料的变形。按照变形的特征, 可将材料的变形分为弹性变形、塑性变形、粘性流动、徐变和松弛等。

(一)弹性变形

材料在外力作用下产生变形, 当外力取消后, 能够完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种能完全恢复的变形称为弹性变形(或瞬间变形), 其变形与外力之间是成正比的。这种性质在物理学中被称为虎克定律。

(二)塑性变形

材料在外力作用下产生变形, 如果取消外力, 材料仍然可以保持变形后的形状和尺寸, 并且不产生裂缝的性质称为塑性。这种不能恢复的变形称为塑性变形(或永久变形)。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、有色金属及沥青等。反之, 材料在破坏前无显著塑性变形者称为脆性材料, 如石料、硬化混凝土及生铁等。

(三)粘性流动

粘性流动是指材料在一定的剪切应力作用下, 以一定的变形速度进行的流动, 但这种变形是在作用力消除后不能复原的变形。

其流变方程为

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\epsilon} \quad (1-6)$$

式中 τ ——剪切应力；

τ_0 ——屈服应力；

$\dot{\epsilon}$ ——应变速度 ($\frac{d\epsilon}{dt}$)；

η ——粘性系数，是液体内部结构阻碍流动的系数。

(四)徐变和松弛

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长的现象称为徐变。产生徐变的原因是由于材料中某些非晶体物质具有类似于液体的粘性流动造成的。而晶体材料的徐变则是由于在剪切应力作用下，出现晶格错动或滑移而造成的。

徐变的发展与材料所受应力和环境温度、湿度有关。当应力未超过某一极限值时，徐变的发展随着时间的延长而减小，直至停止发展；当应力接近或超过某一极限值时，徐变的发展随时间的延长而增大，直至材料破坏为止。而环境温湿度的增高又可以加大诸如混凝土、石材等的徐变量。尤其是高温可以显著增加金属材料的徐变。

材料在长期荷载作用下，如果总的变形量不变，但其中的塑性变形增加，弹性变形减小，从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。

产生松弛的原因是由于材料的部分弹性变形逐渐转变为塑性变形，在变形过程中贮存起来的弹性能逐渐转变成热能而渐渐散失掉，因而弹性应力逐渐降低。

第三节 材料与水有关的性质

一、亲水性与憎水性

建筑物经常与水或者与大气中的水汽相接触。然而水分与固

体材料表面之间相互作用的情况是不同的。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(润湿边角) θ 愈小,浸润性愈好。如果润湿边角 $\theta=0^\circ$,则表示该材料完全被水分浸润。一般认为,当润湿

边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 1-2(a)所示,水分子之间的内聚力小于水分子与界面材料间的相互吸引力,此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 1-2(b)所示,水分子之间的内聚力大于水分子与界面材料分子间的

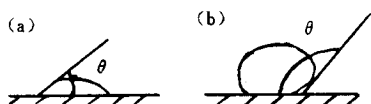


图 1-2 材料润湿边角

(a) 亲水性材料

(b) 憎水性材料

吸引力,则材料表面不会被水浸润,此种材料称为憎水性材料。这一概念应用到其他液体对固体材料的浸润情况,相应地称为亲液性材料和憎液性材料。

二、吸水性与吸湿性

(一)吸水性

材料能够吸收水分的性质称为吸水性,其大小用吸水率来表示,计算公式如下

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 W ——材料吸水率, %;

G ——材料在干燥状态下的重量, g;

G_1 ——材料在吸水饱和状态下的重量, g。

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,而且还取决于材料本身的孔隙率的大小及孔隙状态。一般情况下,孔隙率愈大的吸水率亦愈大。对于具有相同孔隙率的材料,如果材料内部具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大;若是封闭的

孔隙,水分就不容易渗入。粗大的孔隙水分虽然容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留。因此,封闭或粗大孔隙材料的吸水率是较低的。

各种材料的吸水率相差很大,如密实新鲜花岗岩的吸水率为0.1%~0.7%,普通混凝土为2%~3%,普通粘土砖为8%~20%,而木材及其他轻质材料的吸水率则常常大于100%。

(二)吸湿性

材料不但在水中可以吸收水分,而且在空气中也可以吸收空气中的水汽,并且随着空气湿度的大小而变化。即干燥的材料在湿度较大的空气中可以吸收水分,湿的材料在干燥的空气中失去水分,直至与空气湿度达到平衡。材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。材料孔隙中含有一部分水分时,则这部分水重占材料干重的百分数叫做材料的含水率。如果是与空气湿度达到平衡时的含水率则称为平衡含水率。平衡含水率并不是固定不变的,当环境温度与湿度改变时,它将随着改变。

三、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。一般材料随着含水量的增加,都会减弱其内部结合力,强度都有不同程度的降低,即使致密的石料也不能完全避免这种影响。如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降3%,普通粘土砖和木材所受的影响更为显著。材料的耐水性用软化系数 $K_{\text{软}}$ 来表示。

$$K_{\text{软}} = \frac{R_{\text{饱}}}{R_{\text{干}}} \quad (1-8)$$

式中 $R_{\text{饱}}$ ——材料在饱水状态下的抗压强度,MPa;

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

软化系数 $K_{\text{软}}$ 的范围波动在0~1之间。 $K_{\text{软}}$ 的大小,有时成为

选择材料的重要依据。对于受水浸泡或长期处于潮湿环境的重要结构物的建筑材料,常要求其软化系数不宜小于 0.85;对于受潮较轻的或次要结构物的建筑材料,其软化系数亦不宜小于 0.70。

四、抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或称不透水性)。材料抵抗其他液体渗透的性质,也属于抗渗性。如贮油罐材料要求具有良好的不渗油性。

材料抗渗性的高低取决于其孔隙率的大小和孔隙特征。绝对密实的材料、具有封闭孔隙或极细孔隙的材料,一般是不透水的。

材料的抗渗性常用渗透系数 k 或抗渗标号 S 来表示。

材料的渗透系数是根据达西定律(在一定时间内,通过材料试件的水量与试件的截面积及水头差成正比,而与试件的高度成反比)公式计算出来的,即

$$Q = k \cdot \frac{H}{d} \cdot S \cdot t$$

$$\text{故} \quad k = \frac{Q \cdot d}{S \cdot H \cdot t} \quad (1-9)$$

式中 k ——渗透系数, $10^{-6}\text{m}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 或 cm/s ;

Q ——透水量, 10^{-6}m^3 ;

S ——透水面积, cm^2 ;

d ——试件高度, cm ;

H ——水头差, cm ;

t ——透水时间, s 。

抗渗标号 S 在我国是用来表示混凝土的抗渗性的。它是利用 28 天龄期的混凝土标准试件,在标准试验方法下所能承受的最大水压力(MPa)来确定的。