



高职交通运输与土建类专业规划教材

土木工程材料

TU MU GONG CHENG CAI LIAO



主 编 赵丽萍
副主编 徐 燕 步文萍
主 审 曹新刚 姜志青



人民交通出版社
China Communications Press



高职交通运输与土建类专业规划教材

土木工程材料

TU MU GONG CHENG CAI LIAO



主 编 赵丽萍
副主编 徐 燕 步文萍
主 审 曹新刚 姜志青



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为高职交通运输与土建类专业规划教材。全书内容包括绪论、土木工程材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、无机结合料稳定材料、混凝土、建筑砂浆、砌体材料、建筑钢材、沥青及沥青混合料和其他工程材料。本书另配有《土木工程材料实训指导》，供配合教学使用。

本书适于高职及各类成人教育建筑工程、公路与桥梁工程、铁道工程等交通运输与土建类专业学生选作教材使用，亦可供相关专业工程人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/赵丽萍主编. —北京:人民交通出版社,
2009.8

ISBN 978-7-114-07873-6

I. 土… II. 赵… III. 土木工程—建筑材料—高等学校:
技术学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 119825 号

书 名:土木工程材料

著 者:赵丽萍

责任编辑:杜 琛

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969 59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:17

字 数:420

版 次:2009年8月 第1版


印 次:2009年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07873-6

印 数:0001~3000册

定 价:32.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

 高职交通运输与土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

邹德奎

副主任委员

车绪武 徐冬 田和平 韩敏

委员

(以姓氏笔画为序)

于景臣 刘会庭 李林军 孙立功

张修身 陈志敏 韩建芬 周安福

郑宏伟 赵景民 荣佑范 费学军

总顾问

毛保华

顾问

岳祖润 王新敏 王恩茂 关宝树

秘书

杜琛

前言 Preface

本教材依据教育部对高职高专人才培养目标、培养规格、培养模式以及与之相适应的知识、技能、能力和素质结构的要求,贴合企业实际需要,采用最新技术标准 and 规范[如《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)]编写而成。本教材具体特点如下。

(1)教材结构的合理性。教材的体系设计合理,循序渐进,符合学生的认知规律。每章列有职业能力目标,便于教师授课,体现了以职业能力为本位的教学思想;同时列有学习要求与小节,更加明确了学生应掌握的重点内容。

(2)知识的实用性。强调理论知识够用,以实用为原则,吸收了施工企业人员的意见和建议。同时本教材还列有一些工程实例,加强了教学的针对性。为培养学生具有较强的实用技能,还专门配套出版了《土木工程材料实训指导》与《土木工程材料实训报告册》。

(3)职业教育性。每章附有小知识片段,以渗透职业道德和创新意识教育为目的,同时可树立学生的安全和环保意识,也提高了学生学习的积极主动性。

(4)教材适用的灵活性。本教材内容弹性化,教材结构体现模块化。对于铁道工程、道路与桥梁和建筑工程等交通运输与土建类专业,可根据教学要求选择不同的授课内容。非教学内容也可便于学生自学,以拓宽专业口径。

本书由陕西铁路工程职业技术学院赵丽萍任主编,哈尔滨铁道职业技术学院徐燕、济南铁道职业技术学院步文萍任副主编。具体编写分工如下:赵丽萍(绪论、第五章),徐燕(第二、三、四章,第十章的第二、三、四节),步文萍(第六、九章,第十章的第一节),陕西铁路工程职业技术学院梁小英(第一章),陕西铁路工程职业技术学院张小利(第七章),陕西铁路工程职业技术学院何文敏(第八章)。

中国中铁一局集团物贸公司工程师曹新刚和吉林交通职业技术学院姜志青老师审阅了本书,并提出了宝贵意见。

本书在编写过程中,得到了人民交通出版社、中铁一局集团有限公司刘为帛高级工程师和编者所在院校同仁们的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中错误与不妥之处,敬请读者批评指正,谢谢。

编者
2009年6月

目录

Content

| | |
|----------|---|
| 绪论 | 1 |
|----------|---|

| | |
|------------------------------|----------|
| 第一章 土木工程材料的基本性质 | 4 |
| 第一节 材料的基本物理性质 | 4 |
| 第二节 材料的力学性质 | 9 |
| 第三节 材料的热工性质 | 11 |
| 第四节 材料的耐久性 | 12 |
| 思考与练习 | 13 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| 第二章 气硬性胶凝材料 | 14 |
| 第一节 石灰 | 14 |
| 第二节 石膏 | 19 |
| 第三节 水玻璃 | 22 |
| 思考与练习 | 24 |

| | |
|---------------------|-----------|
| 第三章 水泥 | 26 |
| 第一节 通用硅酸盐水泥 | 27 |
| 第二节 其他品种水泥 | 44 |
| 思考与练习 | 50 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 第四章 无机结合料稳定材料 | 52 |
| 第一节 概述 | 52 |
| 第二节 无机结合料稳定土的组成 | 52 |
| 第三节 无机结合料稳定材料的技术性质 | 57 |
| 第四节 无机结合料稳定材料的组成设计 | 62 |
| 思考与练习 | 66 |

| | |
|----------------------|-----------|
| 第五章 混凝土 | 67 |
| 第一节 概述 | 67 |
| 第二节 普通混凝土 | 69 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 第三节 其他品种混凝土 | 124 |
| 思考与练习 | 135 |
| 第六章 建筑砂浆 | 138 |
| 第一节 砌筑砂浆 | 138 |
| 第二节 抹面砂浆 | 147 |
| 思考与练习 | 149 |
| 第七章 砌体材料 | 151 |
| 第一节 砖 | 151 |
| 第二节 墙用砌块 | 157 |
| 第三节 墙用板材 | 161 |
| 第四节 砌筑用石材 | 164 |
| 思考与练习 | 166 |
| 第八章 建筑钢材 | 168 |
| 第一节 概述 | 168 |
| 第二节 钢的冶炼及分类 | 168 |
| 第三节 建筑钢材的主要技术性能 | 170 |
| 第四节 建筑钢材的标准与选用 | 177 |
| 第五节 钢材的腐蚀与防护 | 185 |
| 思考与练习 | 189 |
| 第九章 沥青及沥青混合料 | 190 |
| 第一节 沥青 | 190 |
| 第二节 矿质混合料 | 208 |
| 第三节 沥青混合料 | 213 |
| 思考与练习 | 232 |
| 第十章 其他工程材料 | 234 |
| 第一节 防水材料 | 234 |
| 第二节 装饰材料 | 241 |
| 第三节 绝热材料 | 254 |
| 第四节 吸声与隔声材料 | 258 |
| 思考与练习 | 260 |
| 参考文献 | 261 |

绪 论

一 土木工程材料的定义

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。包括房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、堤坝、港口、飞机场、给水和排水以及防护工程等。用于土木工程中的各种材料及其制品统称为土木工程材料。

二 土木工程材料的发展趋势

人类由最早的穴居巢处,到石器、铁器时代,到能够用黏土烧制砖、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了人工生产阶段。18、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,水泥、钢材、混凝土及其他材料相继问世,将土木工程材料带入了一个新的发展阶段。进入20世纪后,随着社会生产力突飞猛进、材料科学与工程学的形成与发展,一些具有特殊功能的新型土木工程材料,如绝热材料、吸声隔声材料、各种装饰材料、耐热防火材料及耐磨、耐腐蚀、防爆、防辐射材料、各种外加剂和其他环保材料等应运而生。

土木工程材料是随着人类的需求、社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的,为适应经济建设的发展需要,今后土木工程材料的发展将朝着高性能、多功能、复合型、高效型的生态材料方向发展。所谓生态材料又称绿色材料或健康材料,是指生产材料的原料尽可能少用天然资源,大量利用工业废弃物,采用低能耗制造工艺和不污染环境的生产技术,产品配制和生产过程中不使用有害或有毒物质,同时产品废弃后可再生利用。生产绿色建材已成为21世纪建材工业发展的战略重点。

三 土木工程材料的分类

土木工程材料种类繁多,用途不一,可按多种方法进行分类。

1. 按土木工程材料的化学成分分类(详见表 0-1)

2. 按土木工程材料的功能分类

可分为承重(如混凝土)和非承重材料(如纤维石膏板)、保温材料(如聚苯乙烯泡沫保温板)和绝热材料(如中空玻璃)、吸声和隔声材料(如夹层玻璃)、防水材料(如沥青)、装饰材料(如釉面砖)等。

3. 按土木工程材料的用途分类

可分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料等。

土木工程材料按化学成分分类

表 0-1

| | | | |
|------|---|---------|---|
| 无机材料 | 金属材料 | 黑色金属 | 钢、铁 |
| | | 有色金属 | 铝及铝合金、铜及铜合金等 |
| | 非金属材料 | 天然石材 | 砂、石及石材制品 |
| | | 烧土及熔融制品 | 砖、瓦、陶瓷、玻璃等 |
| | | 胶凝材料及制品 | 石灰、石膏、水泥、水玻璃、混凝土、砂浆及硅酸盐制品等 |
| 有机材料 | 植物材料 | | 木材、竹材、植物纤维及其制品等 |
| | 沥青材料 | | 石油沥青、煤沥青、沥青制品等 |
| | 高分子材料 | | 塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等 |
| 复合材料 | 非金属与金属材料复合 非金属材料与有机材料复合 金属与有机材料复合 | | 钢筋混凝土、钢纤维混凝土等 聚合物混凝土、沥青混合料等 PVC 钢板、轻质金属夹芯板等 |

四 土木工程材料在工程中的作用

修建任何工程,都离不开材料,材料是一切土木工程的物质基础。举世瞩目的三峡工程,其中大坝及船闸、电站厂房等主体工程混凝土浇筑总量约为 2800 万立方米,是世界上混凝土浇筑量最大的水电工程。

土木工程材料不仅用量大,而且其质量好坏,配制是否合理及选用是否合适等,均直接影响土木工程的质量及造价。据统计,在建设工程中,材料费用一般占到工程总造价的 50%,有的高达 70%,因此认真合理地选用材料,对于适当降低工程造价有着重要的意义。

从根本上说,材料是基础,它在一定程度上会影响土木工程的设计方法和施工工艺。工程中许多技术问题的突破,往往是新的土木工程材料产生的结果,而新材料的出现,又促使设计方法不断改进和施工技术的革新。因此,土木工程材料的生产、应用和科学技术的迅速发展,对于我国的工程建设起着十分重要的作用。

五 土木工程材料的技术标准

产品标准化是现代工业发展的产物,也是科学管理的重要组成部分。目前我国绝大多数的土木工程材料都制定有产品的技术标准,这些标准包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法,验收规则、标志、运输和贮存等方面的内容。

目前,我国的技术标准分为四级(按发布单位分类):国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家标准是由国家技术监督局发布的全国性的指导技术文件,其代号为 GB(表示任何技术不得低于此标准,为强制性国家标准)或 GB/T(表示可以执行其他标准,为推荐性国家标准);行业标准也是全国性的指导文件,但它由主管部门制定,报国务院标准化行政主管部门备案,其代号依行业而定,如交通行业代号为 JT,常见行业标准代号如表 0-2 所示;地方标准是在没有国家标准、行业标准,又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的技术文件,由地方主管部门进行发布,其代号为 DB;企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,其代号为 QB。

常见行业标准代号

表 0-2

| 代 号 | 示 例 |
|-----------|----------------------------------|
| 铁路行业 TB | 《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035—2006) |
| 交通行业 JT | 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005) |
| 建材行业 JC | 《行星式水泥胶砂搅拌机》(JC/T 684—2005) |
| 建筑工程行业 JG | 《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000) |
| 水利行业 SL | 《砌石坝设计规范》(SL 25—2006) |

标准的表示方法由标准名称、标准代号、编号及发布年份等四部分组成。如：



六 学习本课程的任务和方法

土木工程材料是土木工程类专业的一门专业基础课,本课程着重讲述土木工程中常用的几类主要工程材料。作为高职院校的学生,在学习的过程中,应以材料的技术性质、应用范围和质量检验方法为重点,但也应注意了解材料成分和生产加工过程对其性能的影响,同时还必须高度重视试验课的学习,通过试验课,结合实际观察,巩固所学理论知识,学习试验操作技能和检验材料品质的方法,对试验结果作出正确分析和结论。土木工程材料品种多样,必须注意分析和比较同类材料不同品种的共性和特性,以及异类材料之间的显著异同点,以利于在选择和使用材料时,能针对实际条件,做出明确的选择。

第一章 土木工程材料的基本性质

◎ 本章职业能力目标

1. 能对材料的基本性质指标进行计算；
2. 能够区分与材料基本性质相关的术语。

◎ 学习要求

1. 了解土木工程材料各项性质的基本概念；
2. 熟练掌握各项性质指标的计算方法；
3. 了解影响材料基本性质的相关因素。

第一节 材料的基本物理性质

一 实际密度、表观密度、毛体积密度、堆积密度

密度是材料的基本属性,但在现实操作中,采用的检测方法不同,检测的结果也随之不同;在实际应用中,对密度精度要求不同,所采用的密度也随之有所区别。

材料的体积一般由材料实体部分、孔隙(开口孔隙、闭口孔隙)部分和散状颗粒之间的空隙部分组成(见图 1-1)。

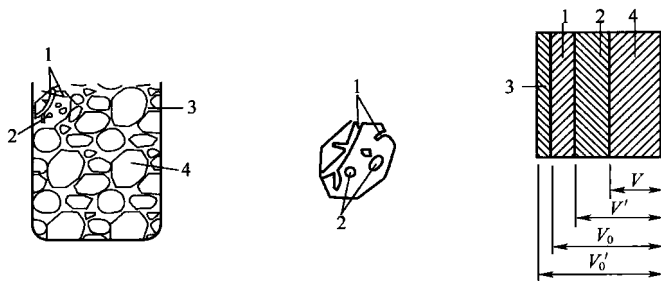


图 1-1 散粒材料堆积及体积示意图

1-开口孔隙;2-闭口孔隙;3-空隙;4-固体实体; V -实体体积; V' -表观体积(实体+闭口孔隙); V_0 -毛体积(实体+闭口孔隙+开口孔隙); V'_0 -堆积体积(实体+开口孔隙+闭口孔隙+空隙)

1. 真实密度(密度)(Density)

指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度是材料的基本属性之一,材料的密度大小取决于其内部的原子量大小及分子结构,按下式计算:

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

式中: ρ ——真实密度, 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(实体体积), cm^3 或 m^3 。

绝对密实状态下的体积不包括孔隙在内。在自然界中,除钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。测定有孔隙材料(如砖)的密度时,应将材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶测定其体积,然后按式(1-1)进行计算。

2. 表观密度(Apparent Density)

指材料单位表观体积的质量。自然界的各种材料中除少数材料接近绝对密实状态(玻璃),大多数材料内部或多或少都包含有一定闭口孔隙,按下式计算:

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1-2)$$

式中: ρ' ——表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg;

V' ——材料的表观体积, cm^3 或 m^3 。

表观体积是指包括内部闭口孔隙在内的体积,一般用排水法测定。其封闭孔隙的多少,孔隙中是否含有水及含水的多少,均可能影响其总质量或体积。

因此,材料的表观密度与其内部构成状态及含水状态有关,一般情况下材料的闭口孔隙越多,材料的表观密度越小;若孔隙中含有水分,则实际计算时,材料的质量和体积均有变化。一般情况下,表观密度是指烘干状态下的表观密度,称为干表观密度;而在气干状态(材料的含水率与大气湿度相平衡时)下的表观密度,称为气干表观密度。

3. 毛体积密度(Bulk Density)

毛体积密度是指单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙、开口孔隙等颗粒表面轮廓线所包围的毛体积)物质颗粒的干质量。因其质量是指试件烘干后的质量,故也称干体积密度,按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-3)$$

式中: ρ_0 ——材料的毛体积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg;

V_0 ——材料的毛体积, cm^3 或 m^3 。

对于规则形状材料的体积,可用量具测得。如加气混凝土砌块的体积是逐块量取长、宽、高三个方向的轴线尺寸,计算其体积。对于不规则形状材料的体积,可用封蜡排液法测得。

4. 堆积密度(Stacking Density)

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:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-4)$$

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg;

V'_0 ——材料的堆积体积, cm^3 或 m^3 。

散粒材料的堆积体积,除包括材料的密实体积外,还包括材料内部的孔隙体积和外部颗粒间的空隙体积。其值的大小不但取决于材料颗粒的表观密度,而且还与堆积的密实程度有关。

材料的含水状态也影响材料的堆积密度值。

测量方法一般是将自然状态下的散粒材料装满一定容积的容器中,容器的体积即为散粒材料的堆积体积。

在土木工程中,计算材料的用量、构件的自重、配料用量、运输量及确定材料的堆放空间时,经常需要用到密度、表观密度、毛体积密度和堆积密度等数据。

二 孔隙率、密实度、空隙率和填充率

1. 孔隙率(Porosity)

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:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: V ——材料的绝对密实体积, cm^3 或 m^3 ;

V_0 ——材料的毛体积, cm^3 或 m^3 ;

ρ_0 ——材料的毛体积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

ρ ——密度, g/cm^3 或 kg/m^3 。

在工程实际应用中,用砂石拌制混凝土时,因其内部的开口孔隙被水占据,因此材料的体积只包括材料实体及闭口孔隙体积。计算砂、石孔隙率时,则按下式计算:

$$P = \frac{V' - V}{V'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: V ——材料的绝对密实体积, cm^3 或 m^3 ;

V' ——材料的表观体积, cm^3 或 m^3 ;

ρ' ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

ρ ——真实密度, g/cm^3 或 kg/m^3 。

孔隙率的大小反映了材料的致密程度。而孔隙构造、孔隙特征对材料性能(如吸水性、强度、抗渗性、导热性等)影响较大。材料内部孔隙构造分为封闭孔隙(与外界隔绝)和连通孔隙(与外界连通);孔隙按尺寸大小分为粗大孔隙、细小孔隙、极细微孔隙。

2. 密实度(Dense Condition)

指材料体积内固体物质填充的程度,即物质实体的体积占材料自然体积的百分比。密实度的计算式如下:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-7)$$

即:

$$P + D = 1$$

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

3. 空隙率(Void Ratio)

空隙率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。当散粒体材料以堆积状态存在时,其材料内部的开口孔隙将转变为空隙(见图 1-2)。

空隙率按下式计算:

$$\begin{aligned}
 P' &= \frac{V'_0 - V'}{V'_0} \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{V'}{V'_0}\right) \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho'}\right) \times 100\%
 \end{aligned}
 \tag{1-8}$$

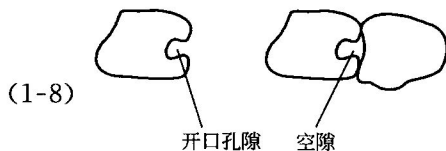


图 1-2

式中： ρ' ——材料表观密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

ρ'_0 ——材料的堆积密度， g/cm^3 或 kg/m^3 。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的程度。空隙率可作为控制混凝土集料级配与计算砂率的依据。

4. 填充率(Fill Ratio)

填充率是指散粒材料在其堆积体积内，被颗粒填充的程度，计算公式如下：

$$D' = \frac{V'}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho'} \times 100\% \tag{1-9}$$

即：

$$P' + D' = 1$$

三 材料与水有关的性质

(一) 材料的亲水性与憎水性(Hydrophilic and Hydrophobic Nature)

与水接触时，材料表面能被水润湿的性质称为亲水性；材料表面不能被水润湿的性质称为

憎水性。表现为：亲水性材料与水接触时的润湿角

$\leq 90^\circ$ ；憎水性材料与水接触时的润湿角

$> 90^\circ$ 。润湿角是指

在材料、水和空气的交点处，沿水滴表面的切线与水

和固体接触面所形成的夹角，如图 1-3 所示：

具有亲水性或憎水性的根本原因在于材料的

分子结构。亲水性材料与水分子之间的分子作用力，大于水分子相互之间的内聚力；憎水性材料与水分子之间的作用力，小于水分子相互之间的内聚力。

(二) 吸水性(Water Absorption)

材料在水中吸收水分的能力，称为材料的吸水性。吸水性的以吸水率来表示。

1. 质量吸水率

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百分比，并以 W_m 表示。质量吸水率 W_m 的计算公式为：

$$W_m = \frac{m_b - m_g}{m_g} \times 100\% \tag{1-10}$$

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 。

2. 体积吸水率

轻质多孔的材料或轻质疏松状的纤维材料因其质量吸水率往往超过 100%，不便于比较

其吸水性的 大小,常以体积吸水率表示。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百分率,并以 W_V 表示。体积吸水率的计算公式为:

$$W_V = \frac{m_b - m_g}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% = W_m \cdot \rho_0 \cdot \frac{1}{\rho_w} \quad (1-11)$$

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 $\rho_w = 1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 或 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

材料的吸水率与其孔隙率有关,更与其孔隙特征有关。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。

3. 吸湿性(Moisture Absorption)

材料的吸湿性是指材料在潮湿空气中吸收水分的性质。用含水率 W_h 表示,其计算公式为:

$$W_h = \frac{m_s - m_g}{m_g} \times 100\% \quad (1-12)$$

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。

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,其含水率称为平衡含水率。

4. 耐水性(Water Resistance)

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。材料耐水性的指标用软化系数 K_R 表示:

$$K_R = \frac{f_b}{f_g} \quad (1-13)$$

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。

软化系数的波动范围在 0~1 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。

5. 抗冻性(Frost Resistance)

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,质量损失较小,强度也不显著降低的性能。

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。

抗冻性以试件在冻融后的质量损失和强度损失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。

实际应用中,抗冻性的好坏不但取决于材料的孔隙率及孔隙特征,并且还与材料受冻前的吸水饱和度(即材料孔隙中水的体积与孔隙体积之比)、材料本身的强度以及冻结条件(如冻结温度、速度、冻融循环作用的频繁程度)有关。

所以,对于受大气和水作用的材料,抗冻性往往决定了它的耐久性,抗冻等级越高,材料越耐久。对抗冻等级的选择应根据工程种类、结构部位、使用条件、气候条件等因素决定。

6. 抗渗性(Impermeability)

抗渗性是材料在压力水作用下抵抗水渗透的性能(如图 1-4),用渗透系数或抗渗等级表示。

(1) 渗透系数

材料的渗透系数 K 可通过下式计算:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$

式中: K ——渗透系数,cm/h;

Q ——渗水量,cm³;

A ——渗水面积,cm²;

H ——材料两侧的水压差,cm;

d ——试件厚度,cm;

t ——渗水时间,h。

材料的渗透系数越大,表示材料渗透的水量愈多,即材料的抗渗性越差。

(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 0.1MPa 为单位)来表示抗渗等级。如 P_4 、 P_6 、 P_8 、 P_{10} 等,表示试件能承受逐步增高至 0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa 等的水压而不渗透。可见,抗渗等级越高,抗渗性越好。

实际上,材料抗渗性不仅与其亲水性有关,更取决于材料的孔隙率与孔隙特征。孔隙率小而且孔隙封闭的材料具有较高的抗渗性。

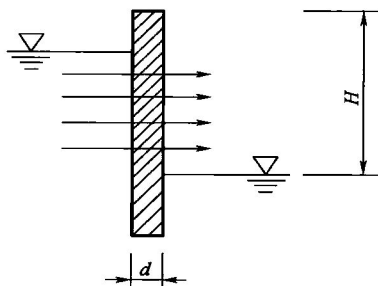


图 1-4 材料透水示意图

第二节 材料的力学性质

一 材料的强度(Strength)

材料的强度是指材料在外力作用下抵抗破坏的能力。

根据外力作用方式的不同,材料的强度有抗压强度(Compressive Strength)、抗剪强度(Shear Strength)、抗拉强度(Tensile Strength)、抗弯拉(抗折)强度(Bending Strength)等。

(一) 抗压强度、抗拉强度、抗剪强度的计算

如图 1-5a)、b)、c)所示,其强度为:

$$R = \frac{F_{\max}}{A} \quad (1-15)$$

式中: R ——材料强度, MPa;

F_{\max} ——材料破坏时的最大荷载, N;

A ——试件受力面积, mm^2 。

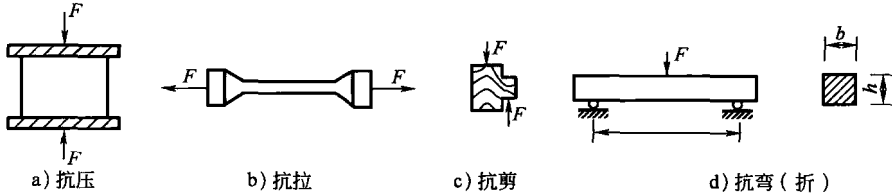


图 1-5 材料承受各种外力示意图

(二) 抗弯拉强度的计算

如图 1-5d)所示,梁中间作用一集中荷载,对矩形截面试件,则其抗弯拉强度用下式计算:

$$R = \frac{3F_{\max}L}{2bh^2} \quad (1-16)$$

式中: R ——材料的抗弯拉强度, MPa;

F_{\max} ——材料弯曲破坏时的最大荷载, N;

L 、 b 、 h ——两支点的间距、试件横截面的宽及高, mm。

结构材料在土木工程中的主要作用,就是承受结构荷载,对大部分建(构)筑物来说,相当大部分的承载能力用于承受材料本身的自重。因此,欲提高结构材料承受外荷载的能力,一方面应提高材料的强度,另一方面应减轻材料本身的自重,这就要求材料应具备轻质高强的特点。

反映材料轻质高强的力学参数是比强度,比强度是指按单位体积质量计算的材料强度,即材料的强度与其表观密度之比(R/ρ')。在高层建筑及大跨度结构工程中常采用比强度较高的材料。这类轻质高强的材料,也是未来土木工程材料发展的主要方向。表 1-1 列出了几种主要材料的比强度。

几种主要材料的比强度

表 1-1

| 材 料 | 表观密度(kg/m^3) | 强度(MPa) | 比强度 |
|-----------|--------------------------------|---------|-------|
| 低碳钢 | 7850 | 420 | 0.054 |
| 普通混凝土(抗压) | 2400 | 40 | 0.017 |
| 松木(顺纹抗拉) | 500 | 100 | 0.200 |
| 玻璃钢 | 2000 | 450 | 0.225 |

弹性与塑性(Elasticity and Plasticity)

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,能够完全恢复到原来形状的性质称为弹性,