

交通中等专业学校统编教材

公路建筑材料

Gonglu Jianzhu Cailiao

(公路与桥梁工程专业用)

杨云芳 主编

牟世如 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为交通系统中等专业学校公路与桥梁工程专业的统编教材,主要讲授砂石材料、石灰、水泥、水泥混凝土、沥青、沥青混凝土、木材、钢材及发展中材料的基本性能、组成设计及适用范围,并附有主要建筑材料的常规试验方法。本书按我国最新颁布的标准、规范编写,采用了国务院颁布的《中华人民共和国法定计量单位》。

本书重点突出、叙述简洁,适合于中专教学特点。

本书既可作为交通中专路桥专业的教材,亦可作为有关路桥工程技术人员学习参考用书。

交通中等专业学校统编教材

公 路 建 筑 材 料

(公路与桥梁工程专业用)

杨云芳 主编

牟世如 主审

插图设计: 版式设计:刘晓方 责任校对:杨 杰

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 字数: 千

199 年 月 第 1 版

199 年 月 第 2 版

199 年 月 第 版 第 次印刷

印数: 册 定价: 元

ISBN 7-114- -

前 言

随着教育改革的深化和培养学生能更好地适应社会、经济发展的需要,根据 1995 年 6 月全国交通中专路桥专业委员会会议审定的“公路建筑材料”编写大纲编写了本书。

本书是在第二轮《公路建筑材料》的基础上参考了各校有关建材方面的资料,并吸取了本学科国内外新成就和我国有关新标准、新规范,认真编写而成的,为适应当前的教学需要,在材料更新上又增加了较多的内容。

本书主要供交通中专四年制公路与桥梁专业学生使用,也可供从事公路工程有关专业技术人员培训或自学参考。

本书由吉林省交通学校高级讲师杨云芳主编,云南省交通学校高级讲师牟世如主审,福建交通学校高级讲师张顺铨担任责任委员并主审。各章编写分工:绪论、第一章、第三章、第四章、第五章由吉林省交通学校杨云芳编写;第二章、第六章由山西交通学校高级讲师张美珍编写;第三章第一节中的“其它混凝土”、第三节“建筑砂浆”及第七章由呼和浩特交通学校高级讲师伍必庆编写。广西交通学校庞聚豪讲师参加了教材的审稿工作。

在本书的编写过程中,兄弟学校的老师们提出了许多宝贵意见,谨在此致以衷心地感谢。

由于我们的业务水平有限,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1996 年 9 月

目 录

绪言.....	1
一、建筑材料的发展概况	1
二、“公路建筑材料”课的学习内容与要求	1
三、公路建筑材料在路桥工程中的地位及其发展趋势	2
四、公路建筑材料的技术性质、检验方法与技术标准	2

第一篇 公路建筑材料

第一章 砂石材料与工业废渣.....	5
第一节 砂石材料的来源、分类及应用	5
一、砂的来源、分类及在路桥工程中的应用	5
二、岩石的来源、分类及在路桥工程中的应用	5
第二节 石料的技术性质与技术要求.....	6
一、石料的物理性质	6
二、石料的力学性质	9
三、石料的化学性质	11
第三节 石料的技术标准及道桥用石料制品	11
一、路用石料的技术分级	11
二、路用石料的技术标准	11
三、路用石料制品及用途	11
第四节 集料的技术性质与技术要求	12
一、集料的分类及其应用	12
二、细集料的技术性质	13
三、粗集料的技术性质	17
第五节 工业废渣	18
一、粉煤灰	19
二、冶金矿渣	20
第六节 矿质混合料	21
一、矿质混合料的级配理论	21
二、级配曲线范围的绘制	24
三、矿质混合料组成设计	24
第二章 无机胶凝材料	28
第一节 石灰	28
一、生石灰	29

二、熟石灰	30
三、石灰的硬化	31
四、石灰的应用和贮存	31
第二节 石膏	33
第三节 水泥	34
一、硅酸盐水泥	34
二、掺混合材料的硅酸盐水泥	43
三、其它品种水泥	47
第三章 水泥混凝土、稳定土、建筑砂浆	51
第一节 水泥混凝土	51
一、水泥混凝土概述	51
二、水泥混凝土的组成材料	52
三、普通混凝土的主要技术性质	56
四、混凝土外加剂	68
五、混凝土配合比设计	75
六、混凝土的质量控制	89
七、其它混凝土	92
第二节 无机结合料稳定土	96
一、无机结合料稳定土组成材料的要求	96
二、无机结合料稳定土强度形成原理	97
三、混合料的配合比设计	98
四、影响石灰土强度的因素	100
第三节 建筑砂浆	101
一、砌筑砂浆	101
二、抹面砂浆	104
三、装饰砂浆	104
第四章 沥青材料	105
第一节 石油沥青	105
一、石油沥青的品种	105
二、石油沥青的组成与结构	106
三、石油沥青的技术性质	107
四、石油沥青的技术标准及应用	110
第二节 煤沥青	114
一、煤沥青的化学组分与结构	114
二、煤沥青的技术要求及其特性	115
三、石油沥青与煤沥青的区别	116
第三节 沥青的掺配及其贮运	116
一、沥青的掺配	116
二、沥青材料的贮存与运输	117
三、各类沥青路面选用的沥青标号	117

第四节 乳化沥青.....	118
一、概述	118
二、乳化沥青组成材料及乳化工艺	118
三、乳化沥青形成机理	122
四、乳化沥青技术性质与技术要求	122
五、乳化沥青在集料表面分裂机理	123
六、乳化沥青类型的选用	123
第五章 沥青混合料.....	124
第一节 概述.....	124
一、沥青混合料的特点	125
二、沥青混合料的分类	125
第二节 热拌热铺沥青混合料.....	126
一、热拌热铺沥青混合料组成结构及其强度理论	127
二、热拌热铺沥青混合料组成材料的技术要求	130
三、热拌热铺沥青混合料的技术性质和技术标准	134
四、热拌热铺沥青混合料的组成设计	140
五、热拌热铺沥青混合料的拌制及运输	143
第三节 其它沥青混合料简介.....	144
一、冷拌冷铺沥青混合料	144
二、乳化沥青碎石混合料	145
三、沥青碎石混合料	146
四、水泥混凝土路面填缝材料——沥青胶粘剂	147
第六章 建筑钢材与木材.....	148
第一节 钢材.....	148
一、钢材的分类	148
二、建筑钢材的主要技术性能	149
三、钢材的冷加工	151
四、钢筋混凝土结构用钢材	152
五、钢材的腐蚀与防护	154
第二节 木材.....	156
一、木材的构造	156
二、木材的主要技术性质	156
三、木材的应用	158
四、人造板材	159
第七章 发展中的材料与应用.....	160
第一节 乳化沥青稀浆封层.....	160
一、乳化沥青稀浆封层的作用	160
二、乳化沥青稀浆材料的组成	160
三、乳化沥青稀浆封层的质量	161
四、乳化沥青稀浆封层的配合比例	162

第二节 土工布.....	162
一、土工布的种类和特点	162
二、土工布在道路工程中的应用	163
第三节 改性沥青.....	164
一、沥青的改性发展概况	164
二、沥青的改性措施	164
三、橡胶沥青的性能	165
四、橡胶沥青在道路上的应用	166
第四节 钢纤维混凝土和碾压混凝土.....	166
一、钢纤维混凝土	166
二、碾压混凝土	168

第二篇 公路建筑材料试验

第一章 砂石材料.....	172
1-1 石料密度试验(比重瓶法)	172
1-2 石料密度试验(李氏比重瓶法)	173
1-3 毛体积密度试验(静水称量法)	175
1-4 毛体积密度试验(蜡封法)	176
1-5 石料单轴抗压强度试验	177
1-6 磨耗试验(洛杉矶法)	179
1-7 磨耗试验(狄法尔法)	180
1-8 细集料表观密度(视比重)试验(标准法)	181
1-9 细集料堆积密度及紧装密度试验	182
1-10 细集料吸水率、饱和面干密度、毛体积密度试验	183
1-11 细集料筛分试验	185
1-12 粗集料表观密度(视比重)、饱和面干密度试验	186
1-13 粗集料堆积密度、振实密度及空隙率试验	187
1-14 粗集料筛分试验	189
1-15 级配集料(含粘性土)的筛分试验	189
1-16 粗集料针片状颗粒含量试验(规准仪法)	191
1-17 水泥混凝土粗集料压碎指标值试验	192
1-18 集料压碎值试验	193
1-19 粗集料磨光值试验	195
1-20 粗集料冲击值试验	198
附录 A 蒸馏水的密度表.....	200
附录 B 摆式仪的标定	201
第二章 石灰与水泥试验.....	202
2-1 有效氧化钙的测定	202
2-2 氧化镁的测定	204

2-3	水泥细度试验	206
2-4	水泥标准稠度用水量与凝结时间试验	207
2-5	水泥安定性试验	210
2-6	水泥胶砂强度试验	212
第三章	水泥混凝土、稳定土、建筑砂浆	215
3-1	混凝土拌和物坍落度试验	215
3-2	混凝土拌和物稠度试验(维勃仪法)	216
3-3	混凝土试件制作及养护方法	217
3-4	混凝土拌和物毛体积密度试验	220
3-5	混凝土抗压强度试验	221
3-6	混凝土抗折(抗弯拉)强度试验	222
3-7	无机结合料稳定土的无侧限抗压强度试验	223
3-8	砂浆稠度试验	226
第四章	沥青材料	229
4-1	沥青针入度试验	229
4-2	沥青延度试验	231
4-3	沥青软化点试验	233
4-4	沥青脆点试验(弗拉斯法)	235
4-5	沥青标准粘度试验(道路沥青标准粘度计法)	237
4-6	沥青闪点与燃点试验(克利夫兰开口杯法)	238
4-7	沥青取样法	240
第五章	沥青混合料	242
5-1	沥青混合料试件制作方法(击实法)	242
5-2	压实沥青混合料试件的密度试验方法(水中重法)	245
5-3	压实沥青混合料试件的密度试验方法(表干法)	248
5-4	压实沥青混合料试件的密度试验方法(蜡封法)	249
5-5	压实沥青混合料试件的密度试验方法(体积法)	251
5-6	沥青混合料马歇尔稳定度试验	252
5-7	沥青混合料中沥青含量试验(回流式抽提仪法)	254
5-8	沥青混合料的矿料级配检验方法	255
5-9	沥青混合料试件制作方法(轮碾法)	257
5-10	沥青混合料车辙试验	260
5-11	沥青混合料取样法	262
	参考文献	263

绪 言

一、建筑材料的发展概况

“公路建筑材料”是公路与桥隧工程中所用各种建筑材料的总称。

我国在建筑材料的生产和应用上有着悠久的历史。在金属的冶炼、木材防腐和陶瓷工艺等方面,都曾居世界领先地位,例如约在公元前二百年开始修建的举世闻名的万里长城,建于公元八百五十七年的山西五台山木结构佛光寺大殿,保留至今,仍未腐朽;全部用石材建于九百年前的福建泉州洛阳桥。这些都是反映我国古代建筑构造方面巨大成就的事例,也充分证明了我国历史上建筑材料的生产、科学合理地使用所取得的伟大成就。

新中国成立后,我国十分重视建筑材料的生产,建筑钢材、木材、水泥及其它建筑材料的生产都有了大幅度的增长。但是,我国建材工业与世界先进水平相比还存在着一定的差距。因此,我们应大力发展新型建筑材料,使建筑材料的发展达到新的阶段。

二、“公路建筑材料”课的学习内容与要求

“公路建筑材料”课是公路与桥梁专业一门重要的技术基础课,是研究路桥用材料性能、组成与构造、技术、标准、检验方法的一门科学。它与物理、化学、材料力学、工程地质等基础技术课程有着密切的关系,是学习路基路面工程、桥梁工程专业课的基础。

建筑材料的种类很多,本课程学习的内容可分为三部分,即无机材料、有机材料及复合材料(详见建筑材料分类表 0-1)。

由于建筑材料的质量直接影响工程质量,所以在选择和使用材料时必须对材料的质量进行检验,因此实验课是本课程的重要教学环节。通过试验操作,可丰富感性认识,加深理解,对于培养试验技能以及提高分析问题、解决问题的能力,也具有重要作用。

建筑材料的分类

表 0-1

建 筑	无 机 材 料	非 金 属 材 料	天然材料:毛石、料石、碎石、砾石、砂土 工业废料:矿渣、钢渣、粉煤灰 人造材料:石灰、水泥	材 料	有 机 材 料	纤维材料 沥青材料 高分子材料	木材、竹材 石油沥青、煤沥青 树脂、合成橡胶
		金 属 材 料	黑色金属:生铁、碳素钢、合金钢 有色金属:铝、铜、锌、铅及其合金		复 合 材 料	无机非金属材料与 有机材料的复合	水泥混凝土、稳定土 沥青混合料

作为一名路桥工程技术人员,必须具备充分的建筑材料知识才能高速度、高质量地完成工程任务。为此通过以上内容的学习要求能够做到以下几方面:

1. 能识别公路建筑材料的有关性能。
2. 能叙述砂、石材料的级配理论、技术性质及其检验方法。
3. 能解释混合材料的组成结构与强度理论。
4. 会做水泥混凝土、沥青混凝土、无机结合料稳定土的组成设计。

- 5 叙述各材料技术性质及存在问题和改进的途径。
- 6 能正确地使用、操作试验仪器及其检校。
- 7 能规范化试验及分析、整理试验资料。
- 8 能够正确合理地运输、保管及选用建筑材料。

三、公路建筑材料在路桥工程中的地位及其发展趋势

公路建筑材料是路桥建筑的重要物质基础。在建筑工程总造价中,材料的费用约占 60% ~ 70%,同时材料的品种、质量、规格及配合比例将直接影响工程的坚固性、耐久性、经济性和适用性,并在一定程度上影响着结构的形式与施工方法。路桥工程中许多技术问题的突破,往往依赖于建筑材料问题的解决;而新材料的出现,又促使结构设计及施工技术的革新。所以我们应大力加强新兴建筑材料的研究与应用,使材料的品种越来越多,以满足经济发展的需要。

今后道路建筑材料发展的趋势有以下几方面:

- 1 在材料性能方面,要求质量轻、强度高、稳定性及耐久性好的材料。
- 2 配制由单一材料向复合材料方面发展的材料。
- 3 充分利用工业废渣(如矿渣、钢渣、炉渣、粉煤灰等材料)代替自然资源。利用这些废渣。可以解决筑路材料料源的困难,降低材料的费用。
- 4 为满足工程的需要,应发展合成纤维材料。

四、公路建筑材料的技术性质、检验方法与技术标准

1. 建筑材料在公路与桥梁中应具备的性质

公路与桥梁工程结构物是承受车辆荷载及各种复杂的自然因素影响的结构物,所以用于公路与桥梁建筑的材料,不仅需要具有抵抗复杂作用力的性能,同时要保证在各种自然因素影响下,综合力学性能不会下降。

为了保证公路与桥梁建筑用材料的强度及稳定性,要求建筑材料应具备下列性质。

1) 力学性质

它是指材料在外力作用下有关变形性质和抵抗破坏的能力。

(1) 强度

材料的强度是指材料在荷重或其它因素(温度、变形等)所产生的内应力作用下抵抗破坏的性能。

材料的强度值是指材料的标准试件在外力荷载作用下抵抗破坏的能力。随受力情况不同,材料有抗压、抗弯、抗剪、抗拉等强度,图 0-1 表示材料承受各种外力的情况。

(2) 变形

变形性质是指材料在荷载作用下发生了形状、体积变化的有关性质。变形过程是由于在外力作用下改变或破坏了材料质点间的平衡位置,使其产生相对位移的结果。变形分弹性变形和塑性变形两种。

弹性变形。材料在外力作用下产生变形,当取消外力后能够完全恢复原来形状的变形称为弹性变形(又称瞬时变形)。

塑性变形。材料的变形在外力作用除去后,不能恢复到原有形状,称为塑性变形。材料的这种性质称为塑性。

按材料破坏前的变形情况可将材料分为脆性及韧性材料。

a. 脆性。材料在外力作用下突然破坏并没有明显出现塑性变形的性质称为脆性。

b. 韧性。材料在冲击荷载作用下,能够产生较大的变形也不被破坏的性能称为韧性(或冲击韧性)。

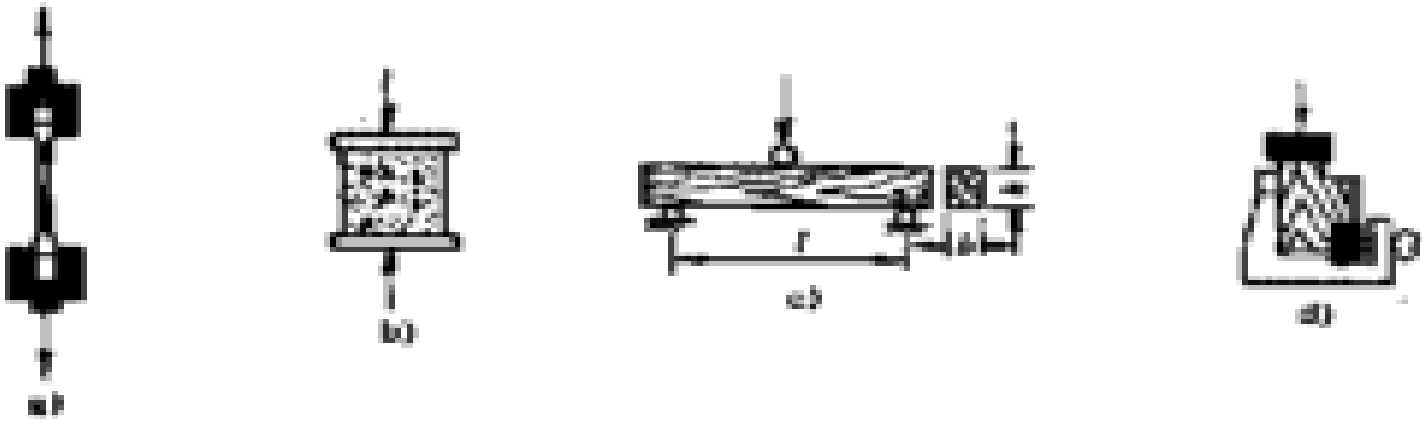


图 0-1 材料承受各种外力示意图

a)抗拉;b)抗压;c)抗弯;d)抗剪

徐变。固体材料在恒定外力长期作用下变形随时间的延长而逐渐增长的现象称为徐变(或蠕变)。

2) 材料的物理性质

(1) 与材料质量有关的性质

通过物理常数来反映材料内部组成结构状态,可以间接推断材料的力学性质。如:密度、毛体积密度,孔隙率。

目前新的测量技术已经在路桥材料质量检验上普遍采用。如放射性同位素或超声波方法测定其密度、实积率、孔隙率等。

(2) 与水有关的性质

材料与水接触时会出现亲水性或憎水性,吸水性与吸湿性等现象,从而影响结构物的耐久性、抗渗性及抗冻性。材料的吸水情况可反映材料的内部组成结构、强度及其耐久性。

(3) 与温度有关的性质

温度的变化使材料产生了热胀冷缩,因此在使用材料时必须考虑材料的耐热性和抗冻性。

3) 材料的化学性质

在公路与桥梁建筑中,材料自身的化学成分将影响材料及混合材料的性质,由此也影响结构物的物理、力学性质,所以对无机材料及有机材料要对材料的化学成分进行测定。目前对有机材料(如沥青)进行化学组分分析测定,对无机材料(如石料)进行酸碱度测定。

4) 材料的工艺性质

材料的工艺性质是指材料按照一定工艺流程加工的性能,如水泥混凝土按施工要求在硬化之前要具有不同的流动性,以便施工操作。

2 建筑材料性质的检验方法和技术标准

1) 建筑材料性质的检验方法

建筑材料性质检验是通过试验来进行的,它是科学评价材料性能的一种手段,为选用材料提供合理的依据。

本课程对原材料性能检验主要包括材料的物理性质试验、力学性质试验,化学性质试验及

材料的工艺性质试验。

2) 建筑材料的技术标准

公路与桥梁建筑用材料及制品必须具备一定的技术性质,以适应建筑结构与施工条件的要求。这些技术性质要符合技术规范规定的技术指标。在路桥设计与建筑中,工程技术人员必须按国家及部颁布的这些指标来评价建筑材料的质量。

第一篇 公路建筑材料

第一章 砂石材料与工业废渣

砂石材料是公路与桥梁建筑中重要的建筑材料,它广泛应用于公路与桥梁圬工结构,亦可作为水泥混凝土、沥青混合料骨料。

第一节 砂石材料的来源、分类及应用

一、砂的来源、分类及在路桥工程中的应用

砂按来源分为两类。

1. 天然砂

它是岩石在自然条件下形成的,其粒径在 5mm 以下的颗粒为天然砂。因产源不同可分为河砂、山砂和海砂。河砂颗粒表面圆滑、比较洁净、质地较好、产源广;山砂颗粒表面粗糙、有棱角、含泥量和含有机杂质多,海砂虽然具有河砂的特点,但因在海中所以常混有贝壳、碎片和盐分等有害杂质,一般工程上多使用河砂。在缺乏河砂地区,可采用山砂或海砂,但在使用时必须按规定作技术检验。

2 人工砂

它是将岩石轧碎而成的,颗粒表面多棱角、较洁净、因为是由人工轧制而成,所以针片状颗粒和石粉含量较多,造价较高,如无特殊情况,不多采用这种砂。

3 砂的应用

砂广泛用做混凝土细集料及配制砂浆。

二、岩石的来源、分类及在路桥工程中的应用

天然石材是采自地壳,不经过加工或经过机械加工的天然岩石所制得的材料。这种石材具有较高的抗压强度、耐久性、耐磨性,产源分布广,便于就地取材。但石材性质较脆、抗拉强度低、表观密度大、硬度较高、开采加工困难。

我国有丰富的天然石材资源,广泛用于公路与桥梁工程中,如重质致密的块状石材是主要的砌体材料,常用于砌筑基础、桥涵、挡土墙、护坡、沟渠等;经人工加工成不同粒径的碎石及自然条件作用形成的卵石、则广泛用做混凝土骨料。有些岩石是生产各种建筑材料的原料,例如,石灰石、天然石膏等是生产硅酸盐水泥、石灰、石膏等胶凝材料的原料。

天然岩石根据生成条件可分为三大类:

1. 岩浆岩 又称火成岩,是由地壳内的岩浆冷凝而成。在地壳深处生成的称为深成岩,如花岗岩、正长岩、闪长岩等;由岩浆喷出地面后冷凝而成的称为喷出岩,如玄武岩、安山岩、辉

绿岩等。

2 沉积岩 又称水成岩,是岩浆岩经风化作用后再经沉积胶结而成。它包括化学沉积,如石膏、石灰岩、白云岩等;有机沉积,如贝壳岩、白垩、硅藻土等;机械沉积,如砂、砾石、砂岩、角砾岩等。

3 变质岩 由岩浆岩、沉积岩经过高温、高压作用变质后形成的岩石。这种岩石比沉积岩更致密,如片麻岩、大理岩、石英岩等。

第二节 石料的技术性质与技术要求

由于天然石材生成条件不同,所以石材的组成结构,矿物成分会有所变化,因而同一类岩石,它的性质也可能有很大差别。为了保证工程质量,在使用时必须对石材进行性质检验和鉴定。

天然石料的技术性质可分为物理性质,力学性质与化学性质。

一、石料的物理性质

石料的物理性质包括物理常数、与水有关的性质、气候稳定性等。

1. 物理常数

石料的物理常数是石料矿物组成结构状态的反映。石料内部组成结构,主要是由矿质实体(v_s)、闭口(不与外界连通)孔隙(v_n)和开口(与外界连通)孔隙(v_i)三部分组成(图 1-1a)。各部分的质量与体积的关系如图 1-1b)所示。

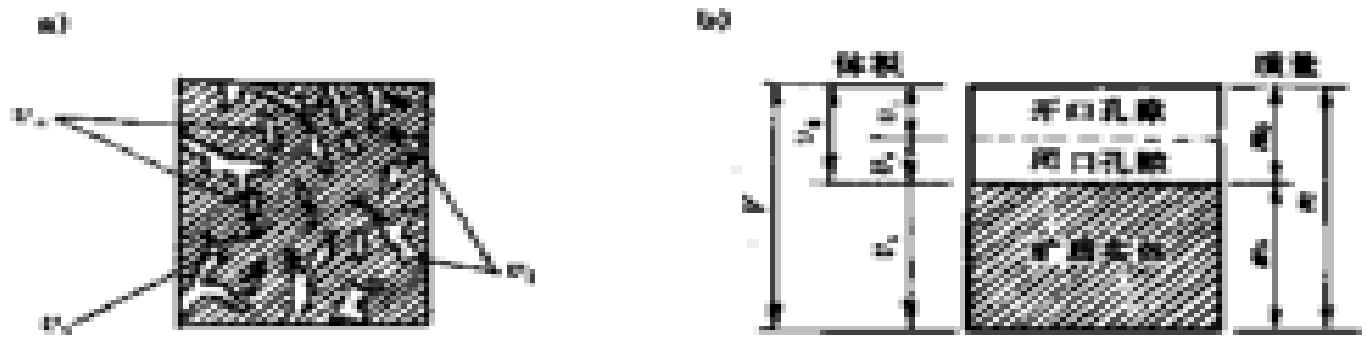


图 1-1 石料结构示意图

a) 石料结构外观示意图; b) 石料结构的质量与体积关系示意图

(1) 密度

在规定条件下,烘干石料矿质单位体积(不包括开口与闭口孔隙体积)的质量。由图 1-1b)可知,石料的密度如式(1-1)所示

$$t = \frac{m_s}{V_s} \quad (1-1)$$

式中: t ——石料的密度, g/cm^3 ;

m_s ——石料矿质实体的质量, g ;

V_s ——石料矿质实体的体积, cm^3 。

因试验是在空气中称量石料质量,所以 $m_0 = 0$, $m_s = M$,故式(1-1)可改写成式(1-1)

$$t = \frac{M}{V_s} \quad (1-1)$$

式中: v_s 、 v_s ——意义同前;

M ——石料试样质量, g。

石料密度的测定方法是將石料样品经磨细后,在 105 ± 5 的烘箱中烘干,用分析天平称取一定质量的石粉试样,置于容量瓶中,在规定的温度条件下,将不含水溶性的石粉以蒸馏水、含水溶性石粉以高沸点有机溶剂(如煤油),用置换法测定其体积,按式(1-1)计算石料密度。

(2)毛体积密度

毛体积密度是指在規定条件下,烘干石料包括孔隙在内的单位体积固体材料的质量。由图 1-1 可知,石料包括孔隙在内的单位体积质量按式(1-2)求得:

$$\rho_h = \frac{m}{V_s + V_i + V_n} \quad (1-2)$$

式中: ρ_h ——石料的密度, g/cm^3 ;

V_i ——开口孔隙体积, cm^3 ;

V_n ——闭口孔隙体积, cm^3 ;

M 、 V_s ——意义同前。

因 $V_s + V_i + V_n = V$,故式(1-2)可改写为(1-2)

$$\rho_n = \frac{M}{V} \quad (1-2)$$

式中: ρ_n 、 M ——意义同前;

V ——石料总体积, cm^3 。

块状石料体积的测定,可以采用两种方法:一种是将石料加工为规则形状的试件,用精密量具测量其几何形状计算体积;另一种是用蜡封法采用静水天平置换法求得体积,本法宜用于温水崩解、溶解和干缩湿胀性松软石料的密度测定。

(3)孔隙率

孔隙率是指石料孔隙体积占石料总体积的百分率。由图 1-1 可知,石料孔隙率按式(1-3)求得:

$$n = \frac{V_0}{V} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: n ——孔隙率, %;

V_0 ——石料孔隙(包括开口和闭口孔隙)体积, cm^3 ;

V ——意义同前。

孔隙率还可由前述密度和毛体积密度计算得到。将式(1-1)和(1-2)代入(1-3)即得式(1-3)

$$n = 1 - \frac{\rho_t}{\rho_h} \times 100\% \quad (1-3)$$

2 与水有关的性质。

石料与水作用后,水很快湿润石料的表层并填充了石料的孔隙。因此水对石料破坏作用的大小,主要决定于石料造岩矿物性质及其组成结构状态(即孔隙分布情况和孔隙率大小)等。为了了解水对石料破坏作用情况,在工程上常用吸水率或饱水率,耐水性、抗冻性指标来表示。

(1)吸水率。

石料吸水率是指在室内常温(20 ± 2)和常压条件下,石料试件最大的吸水质量占烘干石料试件质量的百分率。吸水率按式(1-4)计算。

$$w_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: w_x ——石料吸水率, %;

m_1 ——烘至恒量时的试件质量, g;

m_2 ——吸水至恒量时的试件质量, g。

(2) 饱水率

石料饱水率是指石料在室内常温(20 ± 2)和真空抽气(真空度为 20 mm 汞柱)条件下,石料试件最大吸水的质量占石料试件干燥时质量的百分率。因为当真空抽气后,石料开口孔隙内部的空气被排出,当恢复常压时,水很快进入石料孔隙中,此时水分几乎充满开口孔隙的全部体积,所以饱水率大于吸水率,其计算方法与吸水率相同。

吸水率、饱水率的大小主要取决于石料本身的矿物成分、组织构造、孔隙特征及其孔隙率的大小。通常酸性岩石比碱性岩石吸水性较强,致密的石料吸水率小,而细小连通多孔的石料吸水率大。石料吸水率、饱水率的大小直接影响石料的耐水性及其抗冻性。

石料吸水后,降低矿物组成的粘结力,破坏岩石的结构,降低了石料的强度,所以吸水性强易被水溶蚀的岩石,耐水性较差。

(3) 耐水性

耐水性是指石料长期在饱水状态下而不破坏,其强度也不显著降低的性质。石料的耐水性以软化系数表示。

软化系数是指石料在饱水状态下的抗压强度与石料在干燥状态下的抗压强度的比值。软化系数按式(1-5)计算。

$$K_{\text{软}} = \frac{R_{\text{压(饱)}}}{R_{\text{压(干)}}} \quad (1-5)$$

式中: $K_{\text{软}}$ ——石料的软化系数;

$R_{\text{压(饱)}}$ ——石料饱水后的抗压强度, MPa;

$R_{\text{压(干)}}$ ——石料干燥状态下抗压强度, MPa。

用在严重受水侵蚀或潮湿环境的材料,其软化系数应以 0.85 以上。通常对软化系数大于 0.8 的材料认为是耐水的。用于经常处于干燥环境的材料,可不必考虑软化系数。软化系数小于 0.6 的材料则不容许用于重要建筑物中。

(4) 抗冻性

抗冻性是指石料在饱水状态下,能抵抗多次冻结和融化作用而不破坏的性能。

通常以石料在饱水状态下,能经受冻融循环的次数(质量损失不超过 5%,抗压强度降低不超过 25%)来表示。根据冻融循环次数,可将石料分为 5、10、15、25、50 等标号(在温度下降至 -15 冻结 4h 后,放入 20 ± 5 水中融解 4h 为冻融循环一次)。

如无条件进行冻融试验,也可采用坚固性简易快速测定法,这种方法通过饱和硫酸钠溶液进行多次浸泡与烘干循环后来测定。

石料经多次冻融交替作用后,表面将出现剥落、裂纹,产生质量损失,强度降低。冰冻破坏机理是由材料孔隙内水结冰所引起的。水在结冰时,体积约增大 9% 左右,对孔壁产生可达 100 MPa 的压力,在压力的反复作用下,使孔壁开裂。所以当石料吸收水分体积占开口孔隙体

积 90% 以下时,石料不因冻结而产生破坏。因此对石料抗冻性要求,要根据石料本身吸水率大小及所处的环境和气候条件来考虑,一般要求在寒冷地区,冬季月平均气温低于 -15 的重要工程,石料吸水率大于 0.5% 时,都需要对石料进行抗冻性试验(因石料本身毛细孔中的水,在此温度下才结冰)。

判断岩石抗冻性能好坏有二个指标:

冻融后强度变化:一般要求抗压强度降低不大于 25%,按式(1-6)计算:

$$K_{\text{冻}} = \frac{R_{(\text{压})} - R_{\text{压}(\text{冻})}}{R_{\text{压}}} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: $K_{\text{冻}}$ ——抗冻强度降低系数, %;

$R_{\text{压}}$ ——未经冻融循环试验的石料试件饱水抗压强度, MPa;

$R_{\text{压}(\text{冻})}$ ——经若干次冻融循环试验后石料试件饱水抗压强度, MPa。

质量损失:要求冻融后石料的质量损失不大于 5%,按式(1-7)计算:

$$Q_{\text{冻}} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中: $Q_{\text{冻}}$ ——抗冻质量损失率, %;

g_1 ——试验前烘干试件质量, g;

g_2 ——试验后烘干试件质量, g。

二、石料的力学性质

公路与桥梁工程结构中用石料,除了受上述物理性质影响外,还受到外力的作用,所以石料还应具备一定的力学性质。力学性质主要由强度表示。石料的强度,主要取决于石料内部矿料组成与结构,石料内部孔隙及构造不同,其强度也有较大差异:石料密度越小,孔隙率越大,其强度越低。石料的强度值是用石料的标准试件通过试验测定。

石料的力学性质主要包括抗压、抗拉、抗折、磨耗、冲击韧性、硬度及磨光值等。

1. 抗压强度

通常将石料制成标准试件(取边长为 $50 \pm 0.5 \text{ mm}$ 的正立方体或直径与高均为 $50 \pm 0.5 \text{ mm}$ 的圆柱体),经吸水饱和后,单轴受压,达到极限破坏时,单位承压面积所受的荷载即为抗压强度,按式(1-8)计算:

$$R = \frac{P}{A} \quad (1-8)$$

式中: R ——石料的抗压强度, MPa;

P ——极限破坏时的荷载, N;

A ——试件的截面积, mm^2 。

2 抗拉强度

石料的抗拉强度是以标准试件在承受纯拉破坏时的极限强度(石料抗拉强度较抗压强度低得多,一般石料抗拉强度为抗压强度的 1/50),按式(1-9)用劈裂法间接测其抗拉强度。

(1)计算立方体试件的间接抗拉强度 R_t (标准试件为边长 50 mm 的正立方体)

$$R_t = \frac{2P}{bh} = 0.6366 \frac{P}{bh} \quad (1-9)$$

式中: R_t ——试件的间接抗拉强度, MPa;