



高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材

道路建筑材料

主 编 陈桂萍 张 丽
主 审 刘存柱



東北大學出版社
Northeastern University Press

高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材

道 路 建 筑 材 料

主编 陈桂萍 张 丽
主审 刘存柱

江苏工业学院图书馆
藏书章

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 陈桂萍 等 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

道路建筑材料 / 陈桂萍, 张丽主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2006.8

(高职高专道路桥梁工程技术专业规划教材)

ISBN 7-81102-297-4

I. 道… II. ①陈… ②张… III. 道路工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 100972 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市第六印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 13.75

字 数: 352 千字

出版时间: 2006 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2006 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 张德喜 刘宗玉

责任校对: 张竹娜

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

丛书定价: 348.00 元 (本册定价: 36.00 元)

序 言

辽宁省交通高等专科学校道路桥梁工程技术专业，已有 55 年的办学历史，具有深厚的专业积淀，培养了大批道路桥梁工程技术专业人才。

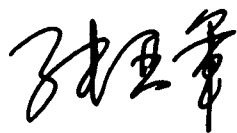
为了进一步适应公路交通行业发展的需求，我校在广泛深入调研的基础上，从 1999 年开始，进行了面向施工一线的教育教学改革，将道路桥梁工程技术专业特色定位为“精施工、懂设计、会管理”。2002 年，该专业被教育部确定为高等职业教育教学改革试点专业，同年，辽宁省交通厅以教学科研项目立项，资助该专业深入开展教育教学改革和建设研究，有力地推动了专业人才培养水平的提高。2005 年，该专业被辽宁省教育厅确定为示范专业。

高等职业教育专业教学改革和建设，核心是课程改革和建设。课程改革和建设的重点是教学内容的改革和建设，教材建设是最重要的方面，要充分体现应用性、先进性和实践性，兼顾现实应用能力与技术跟踪能力的培养，使教学内容与一线实际和今后发展接轨。正是出于上述考虑，我校道桥专业的教师及有关工程技术专家编写出了这套专业规划教材。

这套规划教材的出版是这一课程改革和建设思想探索与实践的成果，是全体专业教师、工程技术专家、一线技术人员共同劳动的结晶，同时也为今后进行更深入的课程改革和建设，打下了很好的基础。

这套规划教材适用于道路桥梁工程技术专业，也可供相关专业选用，希望这套书能被多所院校所采用，供大家借鉴，并得以推广，使其发挥更大作用。

辽宁省交通高等专科学校校长



2006 年 5 月

前 言

高职高专教育事业的飞速发展，对高等应用型人才的培养提出了更高的要求。为了更好地适应教学和社会的需求，本着针对性、实用性和适用性相结合的原则，特编写出本教材。

本教材重点介绍了公路工程用岩石、集料、石灰、水泥、水泥混凝土和沥青、沥青混合料等建筑材料，简单介绍了砂浆和钢材的基本知识。考虑到工程实际和生产需要，增加了粉煤灰混凝土、高性能混凝土、掺外加剂混凝土的配合比设计和改性沥青等内容。本书全部采用国家、交通行业颁布的最新规范和标准，并参考了其他行业的最新规范和标准。在编写过程中，根据高职高专的教学要求和特点，注重理论联系实际，文字通俗易懂，重点突出，便于教师教学和学生自学。

本书由辽宁交通高等专科学校的陈桂萍、张丽、胡晓旭三位老师编写，陈桂萍负责了全书统稿，刘纯柱任主审。编写的具体分工为：陈桂萍（绪论、第1章的第3节和第4节、第2章、第3章、第6章）；张丽（第4章、第5章）；胡晓旭（第1章的第1节、第2节）。

在编写过程中我们参考了许多文献资料，在此谨向这些文献的作者致以最诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中不妥和疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的意见和建议，编者将深表感谢。

编 者

2006年2月

目 录

绪 论	1
第 1 章 公路工程岩石与集料	5
1.1 岩石的技术性质	5
1.2 道路与桥涵用岩石制品	10
1.3 集料的技术性质	12
1.4 矿质混合料的组成设计方法	21
第 2 章 路桥施工用石灰和水泥	29
2.1 概 述	29
2.2 石 灰	29
2.3 水 泥	35
第 3 章 水泥混凝土和砂浆	54
3.1 水泥混凝土概述	54
3.2 普通混凝土的技术性质	55
3.3 水泥混凝土组成材料的质量要求	71
3.4 水泥混凝土的配合比设计	83
3.5 水泥混凝土的质量控制与强度评定	96
3.6 其它混凝土	103
3.7 混凝土的发展动态	116
3.8 建筑砂浆	120
第 4 章 沥青材料	126
4.1 石油沥青	127
4.2 改性沥青	147
4.3 乳化沥青	152
第 5 章 沥青混合料	160
5.1 概 述	160
5.2 热拌沥青混合料	162

第 6 章 建筑钢材	196
6.1 钢材的基本知识	196
6.2 钢材的技术性质	198
6.3 钢结构用钢的标准及其选用	203
6.4 钢筋混凝土和预应力用钢筋和钢丝	207
6.5 桥梁结构钢(GB/T714—2000)	209

绪 论

内容提要和学习要求

绪论着重阐述道路建筑材料在路桥工程中的作用、应具备的技术性质、检验方法和技术标准,简要概述本课程的性质、目的、任务和学习方法。

“道路建筑材料”是道路与桥梁施工、养护与维修等专业的一门技术基础课,是研究道路与桥梁工程用材料的组成、性能和应用的一门课程。

一、建筑材料与路桥工程的关系

(1) 材料是工程结构物的物质基础

材料质量的好坏、选用得是否适当、配备得是否合理,均影响结构物的质量。道路工程结构物裸露于大自然中,承受瞬时、反复动荷载的作用,材料的性能和质量极大地影响着结构物的使用性能。近年来,随着交通量的迅速增长和车辆的渠化交通,一些高等级路面出现较严重的波浪、车辙等病害现象,均与材料的性质有一定的关系。

(2) 材料影响工程的造价

大量的工程实际统计分析表明,一般工程的材料费用均为总造价的 50%~60%,重要工程可达 70%~80%。因此合理地选择和使用材料,对节约工程投资、降低工程造价有着十分重要的经济意义。

(3) 材料影响设计水平的提高和工艺的更新换代

设计水平的提高和工艺的更新换代往往要依赖于新材料的使用;同时,新材料的出现和使用,必然导致工程建筑设计、工艺的新突破。在道路与桥梁工程建设中,材料同样是促进道路与桥梁工程技术发展的重要基础。

二、路桥工程所用材料应具备的技术性质

(1) 力学性质

力学性质是材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的性能。目前除通过测定各种材料的静态强度(如抗压、抗拉、抗弯、抗剪等强度)来反映材料的力学性质外,还可通过磨耗、磨光、冲击等经验指标来反映。

(2) 物理性质

材料在使用过程中,其力学强度受温度和湿度等物理因素的影响而改变。一般温度升高、湿度加大,强度会降低。因此材料的温度稳定性、水稳定性是材料性能的主要指标之一。

通常通过测定材料的物理常数,如密度、孔隙率、含水率等来了解材料的内部组成结构,并且根据物理常数与力学性能之间一定的相关性,推断材料的力学性能。

(3) 化学性质

化学性质是材料抵抗周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁材料在周围介质(如桥墩在工业污水中)的侵蚀下,会导致强度降低;沥青在大气因素(日光中的紫外线,空气中的氧气、水等)的综合作用下,会引起“老化”等现象。

(4) 工艺性质

工艺性质是指材料适合于按一定工艺要求加工的性能。例如水泥混凝土拌和物需要适宜的和易性,以便浇筑。材料工艺性质可通过一定的试验方法和指标进行控制。

三、道路材料的检验方法和技术标准

(1) 道路材料的一般检验方法

检验测定道路与桥梁结构物中所用材料的性质,通常可采用试验室内原材料性能检定、模拟结构检定以及现场修筑试验性结构物检定等方法。本课程着重于介绍试验室内原材料性能检定。室内材料试验包括物理性质试验(测定材料的物理常数,间接推断材料的力学性质)、力学性质试验(测定材料的抗压、抗弯等静态力学强度和车辙试验等动态力学强度)、化学性质试验(如测定石灰中有效($\text{CaO} + \text{MgO}$)含量等)和工艺性质试验(如水泥混凝土的和易性测定和沥青混合料的摊铺性质控制等)。

(2) 道路材料的技术标准

①技术标准的内容及作用 技术标准(又称规范)是从事产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通领域中所需共同遵循的技术依据。包括原料、材料及产品的质量、规格、等级、性质要求以及检验方法、生产及设计的技术规定;产品质量的评定标准等。

②技术标准的分级 根据发布单位与适用范围,技术标准可分为国家标准、行业标准、企业标准和地方标准4个等级。

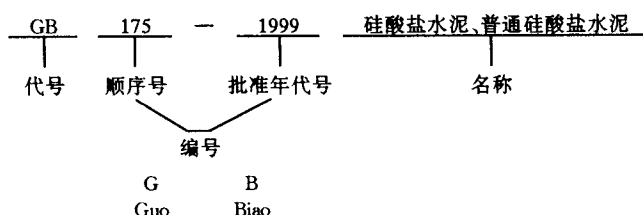
a. 国家标准:对需要在全国范围内统一的技术要求,需要制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门制定,由国家技术监督局发布。国家标准可分为强制性标准(代号为GB)和推荐性标准(代号为GB/T)两种。

b. 行业标准:行业标准是指全国性的某行业范围的技术标准。这级标准由国务院有关行政主管部门制定,由中央部委主管部门审批后发布,报国家技术监督局备案。如建筑材料行业标准(代号“JC”)、交通行业标准(代号“JT”)、水电行业标准(代号“SD”)等。

c. 地方标准:对没有国家标准和行业标准,又需要在省、自治区、直辖市范围内统一要求,可以制定地方标准(代号“DBJ”)。

d. 企业标准:在上述3个标准均没有的情况下,企业应当制定企业标准(代号“QB”),作为组织生产的依据。

③技术标准的表示 每个技术标准都有自己的代号、编号与名称。标准代号反映了该标准的等级是国家标准、行业标准还是企业标准。代号用汉语拼音字母表示,如国标GB、建工JG、建材JC、交通JT、石油SY、冶金YJ、水电SD等。编号表示标准的顺序号和颁布年代号,用阿拉伯数字表示。例如硅酸盐水泥的技术标准可表示如下。



我国国家标准及与道路材料有关的几个行业标准代号示例见表 0-1。

表 0-1 国家标准和行业标准代号

标准名称	代号(汉语拼音)	示 例
国家强制性标准	国标 GB(GuoBiao)	GB175—1999 《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》
国家推荐性标准	国标 GB/T(GuoBiao/Tui)	GB/T8075—2005 《混凝土外加剂定义、分类、命名与术语》
交通行业标准	交通 JT(JiaoTong)	JTJ 052—2000 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》
建材行业标准	建材 JC(JianCai)	JC/T 479—1992 《建筑生石灰》
石油化工行业标准	石化 SH(ShiHua)	SH 0522—1992 《道路石油沥青》

标准是根据一个时期的技术水平制定的，因此它具有暂时的相对稳定性。随着公路建设的不断发展和人们实践经验的不断积累，要求适时地、不断地修订技术标准。目前世界各国与我国都确定为每五年左右修订一次。

④关于国际标准化组织 ISO ISO 是国际上范围与作用最大的标准化组织之一。它的宗旨是在世界范围内促进标准化工作的发展，以便于国际物质交流与互助，并扩大在知识、科学、技术与经济方面的合作。其主要任务是制定国际标准；协调世界范围内的标准化工作；报导国际标准的交流情况以及其他国际性组织合作研究有关标准化问题等。我国是国际标准化协会成员之一，当前我国各种技术标准都正在向国际标准靠拢，以便于科学技术的交流与提高。

四、建筑材料的发展趋势

建筑材料的发展是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平不断提高而向前发展的。随着社会生产力的发展，对建筑物及建筑设施的规模、质量等方面的要求愈来愈高，这种要求与工程材料的数量、品种、质量等都有着相互依赖和相互矛盾的关系。工程材料的生产与使用就是在不断地解决这个矛盾的过程中向前发展的。同时相关学科的进步也为工程材料的发展提供了有利的条件。

为了适应建筑工业的自动化和不断提高的土木工程质量的要求，工程材料今后的发展将有以下几个趋势：

- ①尽可能地提高材料的强度，降低材料的自重；
- ②研究并生产多功能、高效能的材料；
- ③由单一材料向复合材料及其制品发展；
- ④对材料的耐久性将引起更大的重视；
- ⑤建筑制品的生产，将向预制化、单元化发展，构件尺寸日益增大；

⑥大量利用工农业废料、废渣,生产廉价的、低能耗的材料及制品;

⑦利用现代科学技术及手段,在深入认识材料的内在结构对性能影响的基础上,按指定的要求,设计与制造更新品种的建筑材料。

五、本课程的目的、内容和学习方法

(1)目的

①使学生获得有关道路建筑材料科学的基础理论、基础知识,为后续的专业课程,如道路工程技术、钢筋混凝土结构等的学习提供必要的建筑材料基础知识。

②掌握必要的实验技能,为今后从事道路与桥梁施工、合理选择和正确使用建筑材料打下基础。

③为今后从事路桥工程的专门研究奠定必要的理论基础。

(2)内容

①岩石与集料 在公路工程中,岩石可直接应用于铺筑道路或砌筑各种桥梁结构物。由人工开采的岩石或轧制碎石以及地壳表层岩石经天然风化而得到的松散粒料叫集料,集料可用于配制水泥混凝土和沥青混合料。

②无机结合料及其制品 石灰和水泥是道路与桥梁工程中最常用到的无机结合料。在实际施工中,石灰经常被用作路面基层的稳定材料,水泥则用于配制水泥混凝土等。水泥混凝土除了广泛地用于桥梁的施工外,近年来,逐渐发展为高等级路面的主要材料。

③有机结合料及其混合料 有机结合料主要指沥青材料,它与不同粒径的集料组成的沥青混合料,已成为现代公路建设中一种极为重要的筑路材料。

④钢材 钢材是桥梁钢结构及钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土结构的重要材料。

总之,本课程的任务是论述材料组成、结构、技术性质及它们之间的关系,论述材料的检验方法,利用试验结果评定其技术性质。通过学习可以使學生掌握材料的性能,学会选择和鉴定材料,并能够正确使用材料。

(3)学习方法

本课程是进入专业课学习的重要先修课程,学习方法不同于数学、物理等基础课。理论推导和复杂计算很少,主要以叙述性的方式,介绍材料的组成、结构等知识,因此,在学习方法上要注意以下几点。

①用对比、归纳的方法。从材料的组成、结构来分析材料的性质,从材料的性质,分析材料的用途和使用方法。

②用辩证的方法分析材料的性能。材料的性质不是固定不变的,各种材料的性质也不是孤立的。学习建筑材料不能靠死记硬背,而要找出材料各性质之间及各材料之间的联系,了解引起性质变化的外界条件和材料本身的内在因素,从而了解其变化的规律。

第1章 公路工程岩石与集料

重点内容和学习要求

本章着重阐述公路工程岩石与集料的技术性质和技术要求、矿质混合料的组成设计；并对石料制品和矿渣集料也作了简要介绍。通过本章的学习，要求学生了解公路岩石与集料的技术性质和技术标准，学会评价岩石和集料工程性质的具体方法。

岩石与集料是道路与桥梁建筑中用量最大的一种建筑材料，既可直接或经过加工后用作道路与桥梁的圬工结构；亦可作为水泥混凝土或沥青混凝土的骨料。

由于道路与桥梁构造物一般都处于露天环境，并要承受一定的工作荷载作用，因此，用作道路与桥梁建筑的岩石或集料都应具备一定的技术性质，以适应不同工程建筑的技术要求。

1.1 岩石的技术性质

公路工程岩石主要指可以加工成一定规则形状的，并可以直接用于路桥工程建筑的块石。其技术性质主要包括物理性质、力学性质和耐久性3个方面。

1.1.1 物理性质

(1) 物理常数

岩石的物理常数是岩石矿物组成结构状态的反映，它与石料的技术性质有着密切的联系。岩石可由各种矿物形成不同排列的各种结构，但从质量和体积的物理观点出发，岩石的内部组成结构主要是由矿物实体和孔隙组成。一块规则(或不规则)的岩石，按照其内部组成结构，可视作由矿质实体、闭口(不与外界连通的)孔隙和开口(与外界连通的)孔隙3部分组成，如图1-1(a)所示，各部分的质量与体积的关系如图1-1(b)所示。

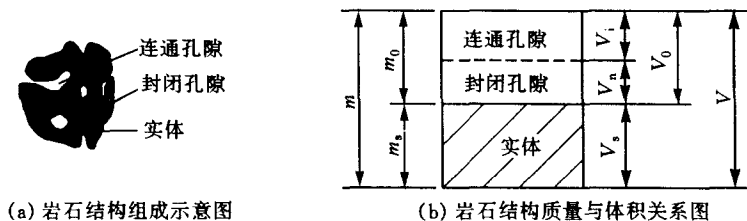


图 1-1 岩石结构示意图

为了反映岩石的组成结构及其与物理-力学性质间的关系，通常采用一些常数来表征其

特性。在路桥工程用的块状岩石中,最常用的物理常数主要有密度、毛体积密度和孔隙率。这些物理常数在一定程度上表征了材料的内部组成结构,可以间接地预测岩石的有关物理性质和力学性质。

①密度(颗粒密度) 岩石的密度是在规定条件(105~110℃烘干到恒重,干燥冷却到室温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)下,烘干岩石矿质单位体积(不包括开口和闭口孔隙体积)的质量。

由图 1-1(b)可知,岩石的密度可表达如下:

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

式中 ρ_t ——岩石的密度, g/cm^3 ;

m_s ——岩石矿质实体的质量, g;

V_s ——岩石矿质实体的体积, cm^3 。

因石料的质量是在空气中称量的,故对照图 1-1 可以发现, $m_0 = 0$, $m_s = m$, 则式(1-1)可以写成下式

$$\rho_t = \frac{m}{V_s} \quad (1-1)$$

式中 m ——烘干岩石试样的质量, g;

ρ_t , V_s 意义同前。

岩石密度采用密度瓶法测定。要获得矿质实体的体积必须将岩石磨细,借助于密度瓶测定一定质量的岩粉所具有的体积,然后通过计算求得岩石的密度。

②毛体积密度(块体密度) 岩石的毛体积密度是在规定试验条件下,烘干岩石包括孔隙在内的单位体积固体材料的质量。据岩石的含水状态,毛体积密度可分为干密度(岩石在105~110℃烘干下所具有的密度,以 ρ_d 表示)、饱和密度(岩石试件在强制水饱和状态下所具有的密度,以 ρ_s 表示)和天然密度(岩石在天然湿度下所具有的密度,以 ρ_o 表示)。

岩石的毛体积测定通常是石料加工为规则形状试件,采用精密量具测量其几何形状的方法计算其体积。当岩石在水中的性质较稳定时,则可采用水中称量法测定;而对遇水崩解、溶解或体积不稳定的岩石,应采用“封蜡法”测定。

③孔隙率 岩石的孔隙率是岩石的孔隙体积占其总体积的百分率,由图 1-1(b)体积与质量的关系可示为

$$n = \frac{V_o}{V} \times 100 \quad (1-2)$$

式中 n ——岩石的总孔隙率, %;

V_o ——岩石孔隙(包括开口、闭口孔隙)体积, cm^3 ;

V ——意义同前。

孔隙率也可以由密度和毛体积密度计算求得,即

$$n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (1-2)$$

式中 ρ_d ——岩石的毛体积干密度, g/cm^3 ;

ρ_t ——岩石的密度, g/cm^3 。

(2) 吸水性

岩石的吸水性是在规定的条件下岩石试样最大的吸水能力。水与岩石相互作用后,水除

了润湿岩石的矿物外,还部分填充岩石的孔隙。因此,水对岩石的作用主要取决于岩石造岩矿物的性质及其组成的结构状态(即孔隙大小、形态和分布等),可通过岩石的吸水性来反映。为了了解岩石的吸水性,在工程上常采用吸水率和饱和吸水率这两项指标来表征。

① 吸水率 岩石的吸水率是指在室内常温($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)和大气压条件下,岩石试件最大的吸水质量占烘干($105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重)岩石试件质量的百分率。吸水率计算如下:

$$\omega_a = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \quad (1-3)$$

式中 ω_a ——石料吸水率, %;

m ——岩石试件烘干至恒重时的质量, g;

m_1 ——石料试件吸水至恒重时的质量, g。

② 饱和吸水率 岩石的饱和吸水率是指岩石在室内常温($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)和强制水饱和(煮沸饱和或真空抽气(真空压力为 100kPa))条件下,岩石试样最大的吸水质量占烘干岩石试件质量的百分率。

饱和吸水率的计算方法与吸水率相同。只是因为饱和吸水率是岩石在规定条件下强制吸水饱和,所以水几乎充满开口孔隙的全部体积。因此,饱和吸水率较吸水率大。

吸水率和饱和吸水率能有效地反映岩石微裂隙的发育程度,可用来判断岩石的抗冻性和抗风化性能。国外广泛地将这两项指标与其他物理力学的特征值建立关系。

1.1.2 力学性质

道路与桥梁工程结构物中使用的岩石除了受自然因素的影响外,还要受到车辆荷载复杂力系的综合作用。因此,路桥工程建筑用岩石除了应具备要求的各种物理性质外,还必须具备多种力学性质。

(1) 单轴抗压强度

单轴抗压强度试验是测定规则形状岩石试样单轴抗压强度的方法,主要用于岩石的强度分级和岩性描述。

公路工程岩石的单轴抗压强度,是将岩石制备成边长为 $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 的正立方体或直径与高均为 $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 的圆柱体试件,经吸水饱和后,在规定的加载条件(加载速率为 $0.5 \sim 1.0\text{MPa/s}$)下单轴受压,至岩石试件达到极限破坏时,单位受压面积所承受的压力即是单轴抗压强度,按下式计算:

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

式中 R ——石料的抗压强度, MPa;

P ——试件极限破坏时的荷载, N;

A ——试件的截面积, mm^2 。

注:桥梁工程用的岩石,采用边长为 $70\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 的立方体标准试件。

岩石的抗压强度,取决于岩石的组成结构(如矿物组成、岩石的结构和构造、裂隙的分布等),同时也取决于试验条件(如试件的几何外形、加载速度、温度和湿度等)。

(2) 软化系数(K_p)

软化系数是岩石试件在水饱和状态下单轴抗压强度与其干燥状态下单轴抗压强度的比值。

软化系数用于评价岩石试件在水作用下强度降低情况。软化系数越大,说明岩石的抗水能力越强。

1.1.3 耐久性

(1) 抗冻性

道路与桥梁都是暴露于大自然中无遮盖的建筑物,经常受到各种自然因素的影响。用于路桥工程的岩石,长期在各种自然因素的综合作用下,力学强度会逐渐降低。

研究认为,引起岩石强度降低的机理主要有两方面:一是自然条件下,温度升降产生的温度应力作用而引起石料内部组织结构的破坏;二是由于冻融循环作用,即岩石经自然饱水后,它与外界连通的开口孔隙大部分被水充满,当温度降低时,水分体积缩小,水分集聚于部分孔隙中,直至4℃时体积达到最小,当温度再继续下降时,水的体积又逐渐胀大,小部分水迁移至其他的孔隙中。当温度低于0℃时,由于固态水的移动困难,随着温度的下降,冰的体积逐渐增大,而对石料孔壁周围施加张应力,经如此多次冻融循环后,石料逐渐产生裂缝、掉边、缺角或表面松散等破坏现象。对大多数地区而言,冻融循环占主导作用。

岩石的抗冻性是用来评估岩石在饱和吸水状态下,经受规定次数的冻融循环后抵抗破坏的能力。在不同的工程环境气候下对岩石的抗冻性有不同的要求。

《公路工程岩石试验规程》(JTGE 41—2005)规定:在严寒地区(最冷月的月平均气温低于-15℃)岩石的冻融循环次数为25次;在寒冷地区(最冷月的月平均气温低于-15℃~-5℃)为15次;寒冷、严寒地区必须采用直接冻融法进行岩石的抗冻性试验。现行测定抗冻性的方法有直接冻融法和硫酸钠坚固法。

① 直接冻融法 直接冻融法是测定岩石抗冻性的主要方法。此方法是将岩石制备成直径为50mm±2mm、高径比为2:1的圆柱体标准试件,放入烘箱(105~110℃)烘至恒重,冷却后称其质量。按吸水率试验方法让试件自然吸水饱和,然后取出擦去表面水分,置于冰箱(-15℃)冻结4h,然后取出放入20℃±5℃的水中融解4h,如此为一次冻融循环。经反复冻融至规定次数为止。将冻融后的试件再烘干至恒重,并称其质量。

在试验过程中,每隔一定的冻融循环次数,应详细检查试件有无剥落、裂缝、分层及掉边等现象,并加以记录。对于块状石料的抗冻性,可采用经规定次数的冻融循环后的质量损失率或者冻融系数表征。

a. 冻融后的质量损失率

$$L = \frac{m_s - m_f}{m_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 L ——冻融后的质量损失率, %;

m_s ——试验前烘干试件的质量, g;

m_f ——试验后烘干试件的质量, g。

b. 冻融系数:岩石的冻融系数为冻融循环后的岩石试件饱水抗压强度与未经冻融试验的试件饱水抗压强度的比值,可按下式计算:

$$K_f = \frac{R_f}{R_s} \quad (1-6)$$

式中 K_f ——冻融系数;

R_f ——经若干次冻融循环后的岩石试件饱水抗压强度, MPa;

R_s ——未经冻融循环试验的试件饱水抗压强度, MPa。

岩石的抗冻性主要取决于岩石中大开口孔隙的发育情况、亲水性和可融性矿物的含量及矿物颗粒间的连接力。大开口孔隙越多, 亲水性和可溶性矿物含量越高时, 岩石的抗冻性越低; 反之, 越高。

评价岩石抗冻性的指标有3个: 即冻融后强度变化、质量损失和外形变化。一般地, 抗冻系数大于75%, 质量损失小于2%时, 岩石的抗冻性好; 吸水率小于0.5%, 软化系数大于0.75以及饱水系数小于0.8的岩石, 具有足够的抗冻能力。

公路工程一般要求石料的冻融系数大于0.75, 质量损失率不大于5%, 同时试件应无明显缺损(包括剥落、裂缝、边角损坏等情况)。

桥梁工程用的岩石对1月份平均气温低于 -10°C 的地区, 除气候干旱地区的不受冻部分外, 应符合表1-1的抗冻指标。

表1-1 桥涵岩石抗冻性指标表

结构部位	大、中桥	小桥及涵洞
	冻融循环次数	
镶面或表层岩石	50	25

注: ① 试验后, 岩石应无明显损伤(裂缝、脱层等), 同时其耐冻系数大于0.75;

② 根据以往实践经验, 证明岩石确有足够抗冻性能者, 可不作抗冻性试验。

② 硫酸钠坚固性法 由于直接冻融法需要低温冰箱设备, 同时需要经过多次的冻融循环, 试验周期长, 试验操作手续繁琐, 所以有时可采用硫酸钠坚固性的试验方法。

坚固性试验是确定岩石试样经饱和硫酸钠溶液多次浸泡与烘干循环后不发生显著破坏或强度降低的性能, 是测定岩石抗冻性的一种简易快速的方法。

硫酸钠坚固性试验的岩石试件制备要求同直接冻融法岩石试件。将试件置于烘箱($105\sim 110^{\circ}\text{C}$)烘干到恒重冷却后称其质量, 然后将试件浸入饱和硫酸钠溶液中, 浸置20h, 取出后, 再置于烘箱中烘4h, 取出后冷却至室温, 然后将其重新浸入饱和硫酸钠溶液中, 直至硫酸钠结晶溶解后取出试件, 用放大镜及钢针仔细观察有无破坏现象, 并仔细记录。如此为一次循环。按上述方法反复循环5次, 最后一次循环后, 用洁净的热水煮洗几遍, 直至将试件中的硫酸钠溶液全部洗净为止(是否洗净可用10%氯化钡溶液滴入鉴定)。将洗净的试件烘至恒重, 并称其质量。

坚固性试验采用质量损失率来表征抗冻性, 可按下式计算:

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 Q ——硫酸钠浸泡质量损失率, %;

m_1 ——试验前烘干试件的质量, g;

m_2 ——试验后烘干试件的质量, g。

硫酸钠坚固性试验方法机理是基于硫酸钠饱和溶液浸入岩石孔隙后经烘干、硫酸钠结晶体积膨胀, 由此产生的对岩石的破坏作用, 与直接冻融法的原理相同, 其试验结果的表达方法与直接冻融法也完全相同。从大量的试验资料表明, 因为硫酸钠结晶对于岩石的破坏程度要比水结冰大得多, 所以相同一种岩石, 硫酸钠坚固法的要求循环次数也较直接冻融法少。硫酸钠坚固法的优点是, 设备要求简单, 试验时间短。一般来说, 硫酸钠法试验抗冻性好的

岩石,其冻融法试验抗冻性也是好的。但是由于各种岩石的组织 and 结构不同,对于抵抗直接冻融与硫酸钠结晶作用的能力也不一致,所以不能找到各种岩石通用的两种方法试验结果的换算关系。按我国标准规定,有条件者均应采用直接冻融法进行试验。

1.2 道路与桥涵用岩石制品

1.2.1 道路路面建筑用岩石制品

道路路面建筑用岩石制品,包括直接铺砌各种路面用的锥形块石、拳石、方块石等,以及占大多数比例的轧制成各种不同尺寸的碎石。本节仅对各种铺砌用的岩石制品作简单介绍。

(1) 锥形块石

具有平底面而形似角锥的石料称为锥形块石。锥形块石是由整体岩石利用爆炸或人工劈裂而获得的片石进一步加工而得的粗打石料,主要用于铺砌道路路面基层。

锥形块石分为 14cm, 16cm 和 18cm 3 级。锥形块石底部需要有一平面,且底面积不得小于 100cm^2 ,顶部尺寸不限,但不能为尖形,高与底面积之比不得相差过大,同时不得呈斜锥形。

用作加工锥形块石的岩石,可以采用极限抗压强度不低于 30MPa 的各种岩石。

(2) 铺砌拳石

拳石为形状近似棱柱体的粗打石料,顶面应呈四边形或多边形,主要用于道路路面铺砌以及桥涵及其他加固工程的铺砌。

铺砌拳石顶面与底面应平行,底面不得呈尖楔状,底面投影应在顶面轮廓之内,侧边不得有显著尖锐突出,以免妨碍铺砌时相互挤紧。

拳石可按其高度分为矮、中、高和特高 4 级。各级拳石的技术规格参见表 1-2。

表 1-2 铺砌用拳石的技术规格

拳石类别	高度 h/cm	顶面直径 d/cm	底面积与顶面积之比 A_2/A_1 (不小于)/%
矮 的	12~14	10~16	40
中 的	16~18	12~18	60
高 的	20~22	12~20	60
特高的	22~25	15~25	60

(3) 高级铺砌用条石

经劈砍、粗琢加工而成的形似六面体且具有长方体外形的石块称为条石,可用于铺砌高级道路的路面面层,特别是重型交通、履带车等交通工具的道路。

条石按其高度分为矮、中、高 3 级。各级铺砌条石的技术规格参见表 1-3。