



交通电视中等专业学校试用教材

道路建筑材料

交通部电视中专教材编审委员会 编



人民交通出版社

交通电视中等专业学校试用教材

DAOLU JIANZHU CAILIAO

道路建筑材料

交通部电视中专教材编审委员会 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍路桥工程所用各种建筑材料(包括砂石材料、石灰和水泥、水泥混凝土和砂浆、沥青及沥青混合料、钢材和木材)的技术性质、组成设计、质量检验及合理选用等内容。书中每章后附有本章主要试验和复习思考题。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料/交通部电视中专教材编审委员会
编. —北京:人民交通出版社,1997.7
交通电视中等专业学校试用教材
ISBN 7-114-02648-X
I. 道… II. 交… III. 道路工程-建筑材料-电视教
育-专业学校-教材 IV. U414
中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 07130 号

交通电视中等专业学校试用教材

道路建筑材料

交通部电视中专教材编审委员会 编

责任印制: 张 凯 版式设计: 崔凤莲 责任校对: 梁秀青

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 8.5 字数: 214 千

1997 年 9 月 第 1 版

1997 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001 5000 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-114-02648-X

U · 01880

交通部电视中专教材编审委员会

主任委员 李作敏

副主任委员 王文标 黄志平

委员 (按姓氏笔画序)

王锦俞 田津麒 向传祖 李卫平 周青国 顾 锴
麻孟海 韩 敏

本书主编 张丽华 邓人庆

主 审 田津麒

序

在交通部教育司的关怀领导下,交通部电视中等专业教育走过了十年的历程。它主要利用远距离教学手段开展教学,属于成人中等职业教育范畴,最显著的特点是能够大规模培养交通事业急需的中等专业人才。十年来,毕业生已逾三万人,他们大都成为生产和管理工作的骨干。与此同步,教材建设也取得了很大成绩,组织编写了大量教材和教学辅导材料,制做了许多教学录像带,连同选用其他院校编录的教材,较好地满足了各专业教学的需要。但是,随着我国社会主义市场经济体制逐步建立,交通事业的发展对人才培养提出了新的要求,各种法规、制度、规范和标准也有很大的变化,原有教材有许多已不相适应。为了跟上交通事业发展的步伐,加快教材改革进度,编写出版适合电视中专使用的新教材,成为交通电视中专教育改革的当务之急。

电视中专的教材改革,首先要改革某些传统观念,克服造成电视中专教育普通中专化的思路,摆脱传统中专模式的影响,积极探索融成人教育和职业教育为一体的电视中专教育规律,才能建设具有交通电视特色的教材体系。

编写新一轮电视中专教材,要求内容与培养目标相适应。培养目标是应用型中等人才,具有一定的专业或工种技能、较强的动手能力和岗位工作所需的文化基础。应突出教材内容的职业性、实用性和应用性。此外,还要求教材具有行业性,即与当前交通行业的生产实际密切结合,把行业生产实际所急需的内容编进去。生产实际处于不断进步的动态变化中,一劳永逸的教材是不存在的。紧密联系生产实际,对生产实际的新要求能做出灵活反应,是我们编写教材的努力方向。电视中专利用远距离教学手段,编写教材还要考虑适应于它所持有的教学方法,尽可能使教材的结构形式与教学方法相辅相成,才有利于取得良好的教学效果。

交通部电视中专教材编审委员会

一九九五年四月十八日

前 言

本书是根据交通部电视中等专业学校《公路与桥梁专业》教学大纲编写的,作为电视中等专业学校公路与桥梁专业及相关专业的试用教材。

《道路建筑材料》是公路与桥梁专业的一门技术基础课。全书在内容编排上,力求适应电视中等专业学校的教学需要,侧重基础理论和基本知识,注重针对性和实用性。在编写过程中,紧密结合交通部最新颁布的技术规范、试验规程及技术标准,尽量吸取新的技术理论,并参考了有关院校的相应教材,力求阐述简明,重点突出,便于自学。

《道路建筑材料》是一门实践性很强的课程,应注重理论联系实际,及时安排相应的材料试验。本书主要讲授材料的基础理论,试验操作部分将在与本教材配套使用的教材中讲授。

全书由北京交通管理干部学院公路系张丽华、邓人庆同志编写,由交通部电视中专总校田津麒高级讲师主审。

由于编者水平有限,书中缺点、错误在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

1996年8月

目 录

绪 言	(1)
第一章 砂石材料	(4)
第一节 天然石料	(4)
第二节 石料的技术性质和技术标准	(5)
第三节 集料的技术性质和技术要求	(9)
第四节 小结	(17)
本章主要试验	(18)
复习思考题	(19)
第二章 石灰和水泥	(20)
第一节 石灰	(20)
第二节 水泥	(23)
第三节 小结	(33)
本章主要试验	(35)
复习思考题	(35)
第三章 水泥混凝土和砂浆	(36)
第一节 水泥混凝土的分类	(36)
第二节 水泥混凝土对组成材料的技术要求	(36)
第三节 水泥混凝土的技术性质	(41)
第四节 水泥混凝土的组成设计	(48)
第五节 水泥混凝土的质量管理	(55)
第六节 建筑砂浆	(58)
第七节 小结	(61)
本章主要试验	(63)
复习思考题	(63)
第四章 沥青材料	(65)
第一节 沥青及其分类	(65)
第二节 石油沥青	(66)
第三节 石油沥青的技术性质	(70)
第四节 煤沥青	(76)
第五节 乳化沥青	(79)
第六节 沥青材料的贮运	(81)
第七节 小结	(82)
本章主要试验	(84)
复习思考题	(84)

第五章 沥青混合料	(85)
第一节 沥青混合料的分类	(85)
第二节 沥青混合料的组成结构和强度理论	(87)
第三节 沥青混合料的技术性质	(90)
第四节 沥青混合料对组成材料的要求	(92)
第五节 沥青混合料组成设计	(96)
第六节 小结	(104)
本章主要试验	(106)
复习思考题	(106)
第六章 钢材和木材	(107)
第一节 钢的分类和制品	(107)
第二节 钢的技术性质和技术标准	(109)
第三节 钢的冷加工和热处理	(114)
第四节 木材	(116)
第五节 小结	(122)
本章主要试验	(123)
复习思考题	(123)
主要参考文献	(125)

绪 言

一、本课程的任务和学习内容

《道路建筑材料》是公路与桥梁专业的一门技术基础课,是研究道路与桥梁建筑材料性能的一门科学。

工程实体是由建筑材料修筑而成的。在道路桥梁建筑中要使用大量的建筑材料,通常用于材料的费用要占工程总造价的50%以上,某些重要工程甚至可达70%~80%。材料质量的优劣、能否正确合理地使用建筑材料,直接关系到整个工程的质量和造价。作为土建工程技术人员,如果缺乏建筑材料的知识,要做到工程设计和施工的安全、经济、合理是不可能的。因此,《道路建筑材料》是公路与桥梁专业的一门重要的技术基础课。本课程的任务是研究道路桥梁中各种材料的技术性能,掌握材料质量的检测方法,合理地选用和配制建筑材料;不断地改善现有材料的性能,研制和创造新型材料。

本课程的学习内容主要是道路与桥梁建筑工程常用材料的技术性能及检测方法、各种材料的内部组成结构及其与技术性能的关系、产源或加工工艺对材料品质的影响,以及各种材料在性能方面存在的问题和改善的途径。

本书讲述的主要内容有:

1. 砂石材料。砂石材料一般是由地壳上层岩石经风化而天然形成的,也有人工开采加工而成的。这类材料可直接用于铺筑路面或砌筑各种桥梁结构物,也可作为配制水泥混凝土或沥青混凝土的矿质集料。砂石材料是道路建筑中用量最大的建筑材料。

2. 无机胶结材料。在道路与桥梁建筑中常用的无机胶结材料是石灰和水泥。石灰主要用于拌制石灰稳定土,以提高路基的强度和整体性,也可拌制成石灰砌筑砂浆,用于砌筑块石和片石等。水泥是使用最广的胶结材料,它具有很高的强度,是配制水泥混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土的主要胶结材料。

3. 有机胶凝材料。随着石油工业的发展,沥青已成为当今路面材料中最主要的有机胶凝材料。它广泛地用于拌制沥青混凝土、沥青碎石等,按不同的掺配比例和施工方法得到不同类型的沥青路面。

4. 复合材料。复合材料是由两种或两种以上性能完全不同的单一材料组合而成的一种建筑材料,它可以克服单一材料的不足,而发挥其综合性能,如水泥混凝土和沥青混凝土都是最常用的复合材料,用它修筑的路面平整、舒适,是现代高等级公路主要的路面材料。

5. 钢材和木材。在桥梁工程中,钢材主要用于制作钢筋混凝土中的钢筋骨架,以提高混凝土的抗拉强度;木材主要用作混凝土的模板,但由于木材资源的短缺,现已逐渐被其他材料代替。

二、建筑材料在道路与桥梁工程中应具备的性质

道路与桥梁都是无遮盖而裸露于大自然的结构物,除了承受频繁的车辆荷载作用外,还要承受各种自然因素的综合作用。因此,对于修筑它的建筑材料,除了有良好的力学强度外,还应有抵抗各种自然因素破坏的能力,即在各种自然因素的长时期恶劣影响下,材料的综合力学性能不产生明显的衰减。因此,要求道路建筑材料必须具备以下几方面的技术性质。

1. 力学性质。力学性质是指材料抵抗车辆荷载综合作用的性能。这些综合作用主要是拉力、压力、弯曲、剪切、磨损、冲击等多种类型的受力状态。在这些受力状态中,对具体的某一构件来讲,通常只受一种或两种主要力的作用。而对于某一种建筑材料通常也是某一方面的力学性能较好。因此,应根据构件的受力状态,合理地选用建筑材料。如桥墩,其主要受力为压力,因此,应选用抗压强度较高的材料,如石料、水泥混凝土等。

2. 物理性质。物理性质是指材料在温度、湿度等自然因素的影响下,其力学性能的变化程度。对于一般的材料,当温度或湿度发生变化时,其力学性能也会发生相应的变化。如沥青材料在夏季气温升高时,其力学强度会明显下降;浸水的水泥混凝土,当气温在 0°C 以下时,会因冰冻而胀裂等。因此,物理性能良好的建筑材料在各种自然因素变化的情况下,其力学强度的变化不大。

3. 化学性质。化学性质是材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能。道路与桥梁的结构物经常要受到周围环境的化学侵蚀,如浸在工业废水或海水中的桥墩等水泥混凝土结构物,由于水中含有 SO_4^{2-} 、碳酸、镁盐等有害物质,极易与水泥混凝土中的矿物成分起化学反应,使水泥混凝土的强度遭到破坏。又如沥青由于受日光紫外线的综合作用,引起化学组分的转化,使沥青材料逐渐“老化”等等。因此,用于道路与桥梁的建筑材料应该具有抵抗自然界化学腐蚀的能力。

4. 工艺性质。工艺性质是指材料能够按照一定的工艺流程加工制造的特性。道路与桥梁的构件通常要做成各种各样的形状,因此建筑材料应有一定的加工性能。如水泥混凝土应有良好的可塑性,钢筋应便于弯曲、焊接等。

三、建筑材料的检验方法和技术标准

如上所述,用于道路与桥梁的建筑材料应具备多种必需的技术性能。对于这些性能的判定,我们是通过试验的手段来进行的。常用的方法主要有实验室内试验及现场修筑试验性结构物试验等。本课程以实验室内试验方法为主。

试验室内检测主要是对原材料及模拟结构进行各种性能的检验,具体内容有:

1. 物理性质试验。主要测定材料的密度、孔隙率、吸水率等物理指标,用以分析材料的内部组成结构,测算其技术性能。

2. 力学性质试验。通过对材料进行拉力、压力、弯曲、剪切、磨损等试验,来测定材料的力学性能。

3. 化学性质试验。通过测定材料的化学成分、元素含量等来了解材料的化学性能,分析硬化机理及“老化”、腐蚀的原因。

4. 工艺性能试验。即对材料进行加工性能试验,如新拌混凝土的施工和易性试验、钢筋弯曲、焊接试验等,用以了解材料的可加工性能。

综上所述,材料性能的判定是通过材料试验来测定的。为了使试验的数据具有可比性,国

家及各行业部门制定了统一的材料试验操作规程,并根据试验结果制定了评定材料质量的统一标准。我们把这些由国家或行业部门统一颁发的技术要求,称为技术规范或技术标准。在选用材料时,应根据这些技术标准来评价材料的质量,划分材料的等级。

目前,我国建筑材料的技术标准有国家标准和有关各部标准。国家标准用汉语拼音的首字母表示为“GB”,并注明编号和批准年份,如《混凝土结构工程施工及验收规范》为GB50204—92,是由国家技术监督局和建设部在1992年联合发布的。各行业部门对有关的各种建筑材料,可由各有关部颁布标准,如冶金部批准的《预应力钢筋混凝土用热处理钢筋》为YB2005—78;交通部批准的《公路工程水泥混凝土试验规程》为JTJ053—94等等。值得注意的是:材料的试验规程和技术标准并不是一成不变的。随着科技的不断进步,检测手段的不断更新及人们对材料性能的不断改进,材料的试验规程和技术标准也在不断地变化,这就要求我们不断地学习新的试验方法和技术标准,积极探索改善材料性能的新途径。

《道路建筑材料》是一门技术基础课,它与物理、化学、材料力学、工程地质等课程有着密切的联系,是学习路面工程、桥梁工程等专业课的基础。同时,本课程也是实践性很强的课程,在学习时必须理论联系实际,在掌握材料基本性质、基本理论的基础上,应及时配合材料试验,掌握材料常规试验的方法,能够正确地评定材料的质量标准,了解其使用范围,经济、合理地选用和配制各种道路建筑材料。

第一章 砂 石 材 料

在公路与桥梁建筑中,砂石材料是用量最大的一种建筑材料。按其用途砂石材料可分为石料和集料两大类。石料可直接(或经加工后)用作道路和桥梁的砌体,集料通常作为混凝土中的骨料。为满足道路与桥梁工程的要求,石料和集料都应具备一定的技术性质,以适应不同工程建筑的需要。本章将着重讲述砂石材料的技术性质和技术要求并重点掌握如下内容:

1. 石料的技术性质及检测方法;
2. 公路、桥梁常用的石料制品及用途;
3. 集料的技术性质及检测方法。

第一节 天然石料

天然石料是指地壳上层岩石经加工或不经加工而获得的各种块料或粒料等石料。天然石料的主要特点是:有较高的抗压强度,很好的耐久性,分布广,宜就地取材;但其脆性较大,硬度较高,开采加工比较困难。天然石料的岩石按其成因可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类别。

公路与桥梁用石料的制品主要有以下几种:

1. 片石

片石是由爆破直接得到的形状不规则的石块。它的长边尺寸可达 300mm~400mm,重量约在 20kg~30kg 左右,通常最小边在 150mm 以上,体积不小于 0.01m³。片石常用于挡土墙、桥梁护坡、基础片石混凝土工程等。

2. 块石

块石是层状岩石经打眼放炮或人工直接开采而得的块状石料。块石形状大致正方,无尖角,有两个较大的平行面,边角可不加工。厚度不小于 20cm,宽度为厚度的 1.0 倍~1.5 倍,长度为厚度的 1.5 倍~3.0 倍。块石常用于砌筑桥梁基础。

3. 条石

条石是经粗琢加工而成近似六面体、每个面呈长方形、上下面平行、表面平整的石料。条石常用于铺砌高级道路的路面面层或过水路面等。

4. 锥形块石

锥形块石是利用爆炸或人工劈解的片石再进一步加工而得到的粗打石料,要求上小下大,接近锥形。锥形块石用于铺砌公路路面基层。

5. 铺砌拳石

铺砌拳石是形状近似于棱柱体或锥体的粗打石料,正面应有四边形或多边形的轮廓。铺砌拳石顶面与底面应平行,侧面不得有显著尖锐突出,以免妨碍铺砌时相互挤紧。铺砌拳石主要用于公路路面铺砌、桥涵及其他加固工程的铺砌。

6. 料石

料石是由人工或机械开采的较规则的长方体石块,再略加凿琢而成。料石主要用于砌筑拱

桥的拱圈及挡土墙外皮等。

第二节 石料的技术性质和技术标准

公路与桥梁用石料的技术性质,主要有物理性质、力学性质和化学性质。本节主要讲述石料的物理性质和力学性质。

一、石料的物理性质

石料的物理性质是石料矿物组成与结构状态的反映,它与石料的技术性质有密切联系。石料的内部主要由矿物实体、闭口孔隙(不与外界连通的)和开口孔隙(与外界连通的)三部分组成,如图 1-1a)所示。各部分所占的质量和体积,如图 1-1b)所示。

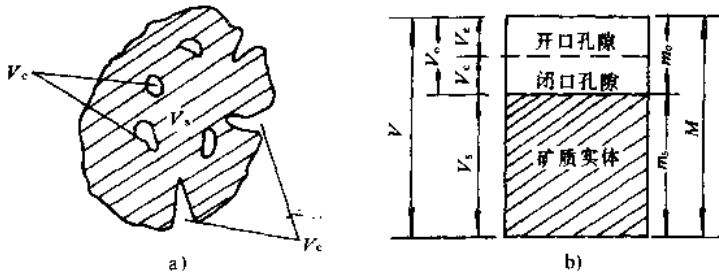


图 1-1 石料结构示意图

a) 外观示意图; b) 质量与体积关系示意图

石料的物理性质包括的内容很多,公路与桥梁工程中常用的是密度、毛体积密度、孔隙率、吸水率、饱水率等。

(一) 密度

密度是指在规定条件下(干燥、试验温度为 20℃),烘干石料矿质单位真实体积(不包括开口与闭口孔隙体积)的质量,可用下式表示:

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

式中: ρ_s ——石料的密度(g/cm³);

m_s ——石料矿质实体质量(g);

V_s ——石料矿质实体的体积(cm³)。

在测定石料的密度时,为了求得石料的矿质实体体积(如图 1-1 中的 v_s),应把石料样品磨成粉,在 105℃±5℃的烘箱中烘至恒重,将称得规定质量的试样用漏斗灌入洗净烘干的比重瓶中,并注入蒸馏水至瓶的一半处使石粉分散。然后将比重瓶放在砂浴上煮沸,使石粉中的空气逸出,用排水体积法测定矿质实体的体积,根据已知的质量和体积按式(1-1)计算石料的密度值。

(二) 毛体积密度

毛体积密度是指在规定条件下,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,毛体积密度可按下式计算:

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

式中： ρ_b ——毛体积密度(g/cm^3)；

M ——烘干至恒重时试件质量(g)；

V ——石料体积(cm^3)。

确定毛体积密度，关键在于测定其体积。按现行规范测定的方法是将称量后的试件置于盛水容器内，按规定的方法逐渐加水，以利试件内的空气逸出。当试件全部被水淹没并自由吸水48h后，用湿纱布擦去试件表面水分，立即称其质量 m_1 ，再称其在水中的质量 m_2 ，按式(1-2')即可求得石料的体积。

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_w} \quad (1-2')$$

式中： m_1 ——面干吸水饱和试件在空气中的质量(g)；

m_2 ——面干吸水饱和试件在水中的质量(g)；

ρ_w ——水的密度，计算时取 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

密度与毛体积密度是石料的主要性质，如计算石料的孔隙率、石料用量、构件总质量、石料运输量等经常要用到密度和毛体积密度值。另外，石料的密度还与强度有密切的关系，一般情况下，密度大，则强度高。

(三) 孔隙率

石料孔隙率是指石料孔隙体积占石料总体积的百分率。可按下式计算：

$$n = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (1-3)$$

式中： n ——石料孔隙率(%)；

ρ_b ——石料的毛体积密度(g/cm^3)；

ρ_t ——石料的密度(g/cm^3)。

孔隙率对石料的性质影响很大，同一种石料的强度、吸水率、耐冻性等大小，主要决定于石料本身的孔隙率。

(四) 吸水率和饱水率

(1) 吸水率

吸水率是指在室内常温($20 \pm 2^\circ\text{C}$)和大气压条件下，石料试件最大的吸水质量占烘干石料试件质量的百分率。按下式计算：

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

式中： w_x ——石料吸水率(%)；

m_1 ——烘至恒重时的试件质量(g)；

m_2 ——吸水至恒重时的试件质量(g)。

石料吸水率主要决定于石料孔隙的大小及孔隙的特征。一般说来，孔隙率愈大，吸水性愈强。但对那些闭口孔隙，水分则不易渗入；粗大孔隙，水分也不易存留。所以有些石料，尽管孔隙率较大，但吸水率却仍然较小。只有那些具有很多细微开口孔隙的石料，其吸水率才较大。当水进入石料的孔隙后，在温度为零下时，孔隙中的水因结冰而冻胀，引起石料内部结构的破坏。因此，水对石料的作用决定于石料孔隙的结构、尺寸大小和分布情况等。

石料的毛体积密度、吸水率与强度之间存在着一定的联系。一般随着毛体积密度的增加其吸水率降低，而其抗压强度则增大。

(2) 饱水率

饱水率是指石料在规定条件下的最大吸水质量占烘干石料试件质量的百分率。仍按式(1-4)计算。

石料的吸水率和饱水率属同一物理概念,只是试验条件不同。饱水率是石料在(常温 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$)和真空抽气(抽至真空度 2.66kPa)的条件下,其最大吸收水分的能力。当真空抽气后,占据石料孔隙内部的空气被排出,在恢复常压时,水分很快进入空气稀薄的石料孔隙中去,这时水分几乎充满全部开口孔隙的全部体积。因此,饱水率总比吸水率大。

(五) 抗冻性

抗冻性是指石料在饱水状态下,抵抗反复冻结和融化的性能。

石料在自然环境中,往往是夏秋季节被水浸湿,冬春季节受到冰冻和融化的交替循环作用。石料孔隙中充满的水分,因冻胀对孔壁产生很大的压力,冰块因融化使孔壁产生拉力。经多次冻融循环后,由于疲劳作用使石料内部的孔隙产生开裂,外表面出现脱屑、剥落、裂缝等现象,强度也逐渐降低。

目前测定石料抗冻性的方法主要是直接冻融法和硫酸钠侵蚀法。

(1) 直接冻融法。将石料加工成一定规格的标准试件,按逐渐浸水的方法,使开口孔隙吸饱水分。然后将吸饱水分的试件在 -15°C 的冰箱中冻结 4h ,再在 $20\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 的水中融解 4h ,如此为一冻融循环。每隔一定的冻融循环次数(如10次、15次、25次及50次)详细检查各试件有无剥落、裂缝、分层及掉边现象,并用质量损失率 $Q_{\text{冻}}$ 及耐冻系数 k 来表示石料的抗冻性。

$$Q_{\text{冻}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-5)$$

式中: $Q_{\text{冻}}$ ——冻融后的质量损失率(%);

m_1 ——试验前烘干试样的质量(g);

m_2 ——试验后烘干试样的质量(g)。

$$k = \frac{R_1}{R_2} \quad (1-6)$$

式中: k ——耐冻系数;

R_1 ——经若干次冻融循环后的试件饱水抗压强度(MPa);

R_2 ——未经冻融试验的试件饱水抗压强度(MPa)。

(2) 硫酸钠侵蚀法。冻融循环试验需要低温冰箱设备,同时需要进行多次的冻融循环,试验周期很长,操作手续繁琐。而硫酸钠侵蚀法是一种简易的测定方法。

该方法是将石料的标准试件浸入饱和的硫酸钠溶液中,使石料的孔隙吸饱硫酸钠溶液,然后将试件置于 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘 4h ,由于硫酸钠结晶后体积胀大,产生有如水结冰相似的作用,使石料孔壁受到张拉应力。然后再将试件重新浸入硫酸钠溶液中,待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,并详细描述记录。如此为一循环。

按上述方法反复浸烘5次,最后一次循环后,用热蒸馏水煮洗几遍,直到将试件中硫酸钠溶液全部洗净为止,再将洗净的试件在烘箱中烘至恒重。用质量损失率 $Q_{\text{蚀}}$ 表示石料的抗冻性。

$$Q_{\text{蚀}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-5')$$

式中: $Q_{\text{蚀}}$ ——试验后的质量损失率(%);

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)。

硫酸钠法的优点是,设备简单,试验时间短。一般来说用硫酸钠法测得抗冻性好的石料则其用冻融试验法测得的抗冻性亦是好的。

二、石料的力学性质

道路与桥梁工程结构中所用石料经常要受到车辆荷载等复杂力系的作用,因而必须具备一定的力学性质,如抗压、抗拉、抗弯、抗剪、磨耗度、冲击韧性、压碎性等。本节将着重叙述石料的两个主要的力学性质:抗压强度和磨耗度。

(一)抗压强度

道路建筑用石料的抗压强度,是将石料(岩块)制成边长为 $50 \pm 0.5\text{mm}$ 的立方体或直径与高均为 $50 \pm 0.5\text{mm}$ 的圆柱体试件,经吸水饱和后,在规定的加载条件下单轴受压,达到极限破坏时,单位承压面积的强度。按式(1-7)计算:

$$R = \frac{P}{A} \quad (1-7)$$

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)。

石料抗压强度的大小取决于组成矿物的成分、结构与组织。结构与组织愈均匀,组成矿物愈细小,矿物间的联系(胶结物的质量、数量和分布情况)愈好,石料的强度愈高。

此外,石料的抗压强度还取决于试件的试验条件,如试件的形状与大小、加载速度、温度和湿度等。对于同一石料,若试件的尺寸愈小,加载的速度愈快,且试件处于干燥状态,不受冻融侵害,则会显示出较高的抗压强度。否则,当试验条件变化时,即使是同一石料,也会有不同的抗压强度。因此在测定石料的抗压强度时,必须在规定的尺寸和试验条件下进行。

石料的抗压强度是石料力学性质中最重要的一项力学指标。它是划分石料等级的主要依据,并与其他力学性质之间存在一定的相关性。

(二)磨耗度

石料的磨耗度是指石料抵抗冲击、边缘剪力和摩擦的联合作用的性能。

测定石料磨耗度的试验方法有两种:

(1)洛杉矶法。它是由一个直径 711mm、长 508mm 的圆鼓及鼓中一个搁板组成,当鼓旋转时,搁板可将石料带至高处落下。试验时,将石料样品按规定的级配取样 5kg,同时加入规定质量和规格的钢球 12 个(共重 5kg),当磨耗鼓转动时,石料受到钢球的撞击,从而加速石料的磨耗作用。在旋转 500 转后,用直径 2mm 的圆孔筛筛去试样中的石屑,用水冲洗留在筛上的试样,烘至恒重。用磨耗率 $Q_{\text{磨}}$ 表示石料的磨耗度:

$$Q_{\text{磨}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1-8)$$

式中: $Q_{\text{磨}}$ ——石料磨耗率(%);

m_1 ——装入圆筒中的试样质量(g);

m_2 ——试验后洗净烘干的试样质量(g)。

洛杉矶法的特点是试验结果稳定,而且测试时间较短。

(2)狄法尔法。狄法尔法是一种双筒式磨耗机试验法。该法是将石料加工成粒径为 50mm~75mm 的石块 50 ± 2 块,共约 5kg(每块质量均 100g),计两份,分别冲洗烘干。再将称量好的两份试样分别放入磨耗机的两个圆筒中,以 30r/min~33r/min 的转速旋转 10 000 转。在旋转中由于石料试样受到相互摩擦作用,以及旋转离心的冲击作用等,石料试样产生磨耗和破碎。石料的磨耗率是以试样通过 2mm 筛孔的质量损失百分率来表示的,按式(1-8)计算。

狄法尔法的主要缺点是,石料为单粒径的试样,这与实际使用情况不一致,试验费时,不同性质的石料所得磨耗值的差别较小。因此,只有在缺少洛杉矶试验设备的情况下才允许使用。

磨耗率是路用石料的一个综合指标,也是评定石料等级的依据之一。

三、公路工程石料技术标准

公路工程石料按不同的岩石类别,根据饱水抗压强度和磨耗率分为 4 个等级,如表 1-1。

公路工程石料技术标准(M0201-94)

表 1-1

岩石类别	主要岩石名称	石料等级	技 术 标 准			岩石类别	主要岩石名称	石料等级	技 术 标 准		
			饱水极限抗压强度(MPa)	磨耗率 洛杉矶法(%)	磨耗率 狄法尔法(%)				饱水极限抗压强度(MPa)	磨耗率 洛杉矶法(%)	磨耗率 狄法尔法(%)
岩浆岩类别	花 岗 岩	1	>120	<25	<4	砂岩与片麻岩类	石 英 岩	1	>100	<30	<5
	玄 武 岩	2	100~120	25~30	4~5		砂 岩	2	80~100	30~35	5~7
	安 山 岩	3	80~100	30~45	5~7		片 麻 岩	3	50~80	35~45	7~10
	辉 绿 岩	4		45~60	7~10		石英片麻岩	4	30~50	45~60	10~15
石灰岩类	石 灰 岩	1	>100	<30	<5	砾 石		1	—	<20	<5
		2	80~100	30~35	5~6			2	—	20~30	5~7
		3	60~80	35~50	6~12			3	—	30~50	7~12
	白 云 岩	4	30~60	50~60	12~20			4	—	50~60	12~20

第三节 集料的技术性质和技术要求

集料是指在混合料中起骨架和填充作用的粒料,包括碎石、砾石、石屑、砂等。集料按粒径的大小不同分为粗集料和细集料两大类。由于产状和轧制工艺不同,它们之间的粒径界限允许有些交叉。下面分别介绍这两大类集料的技术性质。

一、细集料的技术性质

细集料在沥青混合料中是指粒径小于 2.36mm 的天然砂、人工砂及石屑;在水泥混凝土中,细集料是指粒径小于 5mm 的天然砂、人工砂。细集料的技术性质主要是物理性质及砂的颗粒级配与粗度。

(一)细集料的物理性质

集料的物理性质是集料结构状态的反映,它与集料的技术性质有着密切的联系。集料的内部结构主要是由矿质实体、闭口孔隙(不与外界相通的)、开口孔隙(与外界相通的)和空隙(颗粒之间的)等四部分组成的,如图 1-2 所示。

下面介绍细集料在公路工程中的几个主要的物理性质,即:表观密度、堆积密度、紧密密度、含水率等。