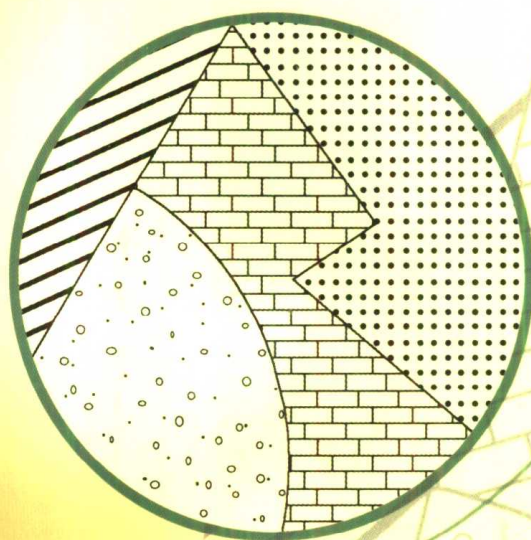


高等学校大土木专业新编教程

岩土力学

张振营 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

高等学校大土木专业新编教程

岩 土 力 学

张振营 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材系根据矿井建设、建筑工程、城镇建设、交通土建、饭店工程、涉外建筑、土木工程七个专业合并成的大土木专业对《岩土力学》教学的基本要求而编写的,充分体现了本学科所固有的理论性、计算性、实验性及应用性的特点。教材突出“三基”,并兼顾不同专业,在详细介绍基本理论的同时,又注重工程实践的应用性、提高性及学科前沿知识的教学。本书分为岩石力学基本理论和土力学基本理论两大部分,简明叙述了岩土的基本概念、基本原理;详细阐明了岩土的物理力学性质、强度变形计算、稳定性分析、挡土墙及基坑围护的设计与计算、地基承载力等岩土力学基本理论及方法。

本书除可作为高等院校大土木工程专业本科生教材外,也可供大土木工程专业的成人教育、函授大专学生以及与大土木工程相近专业的研究、设计、施工和管理工作的专业技术人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土力学/张振营主编. —北京:中国水利水电出版社, 2000. 7

高等学校大土木专业新编教程

ISBN 7-5084-0394-0

I. 岩… II. 张… III. 岩土力学-高等学校-教材 IV. TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第62606号

书 名	高等学校大土木专业新编教程 岩土力学
作 者	张振营 主编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京密云红光印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 18.5印张 425千字
版 次	2000年8月第一版 2000年8月北京第一次印刷
印 数	0001—5100册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本教材是根据国家教委 1998 年颁布的将矿井建设、建筑工程、城镇建设、交通土建、饭店工程、涉外建筑、土木工程七个专业合并成大土木专业对《岩土力学》教学的基本要求进行编写的。在编写过程中,各编写人员积极收集资料,广泛征求意见,兼顾不同专业的特点,吸收国内外比较成熟的知识,在详细介绍基本理论的同时,注重了工程实践的应用性、提高性及学科前沿知识的教学,力求使本教材能较好地满足各高等院校的教学要求。为了使學生充分掌握《岩土力学》的基本知识,我们还编写了《岩土力学题库及典型题解》供学生练习使用。

本书分为岩石力学基本理论和土力学基本理论两篇。第一篇内容为岩石的基本物理力学性质、原岩应力及测量、岩体稳定性分析、岩体工程的喷锚加固;第二篇内容为土的物理性质及工程分类、土的渗透性与渗流、地基的应力和变形、土的抗剪强度、挡土墙及围护结构上的土压力、边坡稳定、地基承载力及土动力学基本原理等。

本书由青岛建筑工程学院张振营主编。参加本书编写的单位及编写人员有:青岛建筑工程学院——张振营(第二篇绪论、第三章、第六章),王剑波(副主编、第一篇第一章、第三章、第五章),原丕业(第一篇第二章、第四章、第六章),时伟(第二篇第一章);浙江大学——徐日庆(副主编、第二篇第四章、第五章),夏唐代(第二篇第七章);浙江建筑工业学校——项建国(第二篇第二章)。

本书第一篇岩石力学基本理论由青岛建筑工程学院耿喜华主审;第二篇土力学基本理论由浙江大学蔡袁强主审。

本书得到国家冶金局的资助,作者深表感谢。

由于编写人员水平所限,书中不当之处恳请批评指正。

编 者

2000 年 3 月于浙江大学求是园

目 录

前 言

第一篇 岩石力学基本理论

第一章 绪论	3
第一节 岩石(体)的基本概念	3
第二节 岩石(体)力学若干进展及发展方向	5
第三节 岩石(体)力学的任务与研究方法	5
第二章 岩石的基本物理力学性质	9
第一节 岩石的基本物理与水理性质	9
第二节 岩石的变形特性	11
第三节 岩石的强度特征	19
第四节 岩石的强度理论	26
第三章 岩体的基本力学性质及工程分类	34
第一节 岩体的强度	34
第二节 岩体的变形	47
第三节 岩体的工程分类	51
第四章 原岩应力及其测量	56
第一节 概述	56
第二节 自重应力和构造应力	56
第三节 原岩应力的一般规律	59
第四节 影响原岩应力分布的因素	63
第五节 原岩应力实测方法	65
第五章 岩体稳定性分析	73
第一节 洞室围岩稳定性分析	73
第二节 岩基稳定性分析	76
第三节 岩坡稳定性分析	88
第六章 岩体工程的喷锚加固	101
第一节 概述	101
第二节 喷锚加固	102
第三节 岩体的预应力锚固	109
第四节 喷锚加固存在的问题	112

第二篇 土力学基本理论

绪 论	115
第一章 土的物理性质及工程分类	117
第一节 土的形成	117
第二节 土的三相组成	118
第三节 土的三相比例指标	126
第四节 土的物理状态	130
第五节 土的压实原理	134
第六节 土的工程分类	135
第二章 土的渗透性与渗流	138
第一节 概述	138
第二节 土的渗透性	138
第三节 流网及其应用	142
第三章 地基土的应力与变形	145
第一节 概述	145
第二节 土的自重应力	146
第三节 基底压力的计算	147
第四节 地基中的附加应力计算	150
第五节 有效应力原理	161
第六节 土的压缩性	162
第七节 应力历史对地基沉降的影响	165
第八节 地基最终沉降量计算	169
第九节 太沙基一维固结理论	172
第四章 地基土的抗剪强度	176
第一节 概述	176
第二节 土的抗剪强度公式	176
第三节 抗剪强度试验方法及指标选用	180
第四节 无粘性土的抗剪强度	188
第五节 饱和粘性土的抗剪强度	189
第六节 土的天然强度及强度增长规律	192
第七节 土的强度特性	195
第八节 应力路径对强度的影响	203
第五章 挡土结构的土压力计算及稳定分析	207
第一节 概述	207
第二节 静止土压力计算	208
第三节 主动土压力计算	210
第四节 被动土压力计算	217

第五节	非极限土压力计算	220
第六节	围护结构上的土压力计算	221
第七节	边坡和围护结构稳定分析	224
第八节	挡土墙结构设计	233
第六章	地基土的承载力	238
第一节	概述	238
第二节	地基的破坏模式	238
第三节	地基的极限承载力	240
第四节	浅基础地基的临塑荷载和塑性荷载	243
第五节	地基承载力的设计值及其确定方法	245
第七章	土动力学基本原理	251
第一节	单自由度振动系统	251
第二节	杆件中的弹性波	255
第三节	无限弹性体中波的传播	257
第四节	半无限弹性空间平面体波	260
第五节	土中表面波特性和	264
第六节	土中波速测试	270
第七节	动力基础半空间理论	280
主要参考文献		287

第一篇

岩石力学基本理论

第一章 绪 论

第一节 岩石（体）的基本概念

一、岩石（岩块）和岩体的基本概念

岩石（岩块）和岩体是岩体力学的直接研究对象。要学习和研究岩体力学，首先要建立岩石（岩块）和岩体的基本概念。什么是岩石？由工程地质学可知，岩石是组成地壳的基本物质，它是由矿物或岩屑在地质作用下按一定的规律聚集而成的自然体。例如，我们通常所见到的花岗岩、石灰岩、片麻岩等都是指一定成因类型的具有一定矿物成分及结构构造的岩石。岩石可由单种矿物组成（例如，纯洁的大理石由方解石组成），而多数的岩石则是由两种以上的矿物组成，例如花岗岩主要由石英、长石和云母三种矿物组成。按照成因，岩石可分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。

岩浆岩是岩浆冷凝而形成的岩石。绝大多数的岩浆岩由结晶矿物组成，由非结晶矿物组成的岩石是很少的。由于组成岩浆岩的各种矿物的化学成分和物理性质较为稳定，它们之间的连结是牢固的，因此，岩浆岩通常具有较高的力学强度和均质性。

沉积岩是由母岩（岩浆岩、变质岩和早已形成的沉积岩）在地表经风化剥蚀而产生的物质，经过搬运、沉积和硬结成岩作用而形成的岩石。组成沉积岩的主要物质成分为颗粒和胶结物。颗粒包括不同形状及大小的岩屑及某些矿物。胶结物常见的成分为钙质、硅质、铁质及泥质等。沉积岩的物理力学性质不仅与矿物和岩屑的成分有关，而且与胶结物的性质有很大的关系，例如钙质、硅质胶结的沉积岩胶结强度较大，而泥质胶结的沉积岩和一些粘土岩强度就较小。另外，由于沉积环境的影响，沉积岩具有层理构造，这就使得沉积岩沿不同方向表现出不同的力学性能。

变质岩由岩浆岩、沉积岩（甚至变质岩）在地壳中受到高温、高压及化学活动性流体的影响发生变质而形成的岩石。它在矿物成分、结构构造上具有变质过程中所产生的特征，也常常残留有原岩的某些特点。因此，它的物理力学性能不仅与原岩的性质有关，而且与变质作用的性质及变质程度有关。

岩石的物理力学性能的指标是在试验室内用一定规格的试件进行试验而测定的。这种岩石试件是由钻孔中获取的岩心或是在工程范围内用爆破以及其他方法所获得的岩石碎块经加工而制成的。这种所采集的标本或岩心仅仅是自然地质体中间的岩石小块，称为岩块。岩块就成了相应岩石的代表。我们平时所称的岩石，在一定程度上都指的是岩块。因为岩块是不包含有显著弱面的较均质的岩石块体，所以通常都把它作为连续介质及均质体来看待。

那么，什么是岩体呢？我们所指的岩体是在一定工程范围内的自然地质体，它经历了漫长的自然历史过程，经受了各种地质作用，并在地应力的长期作用下，在其内部保留了各种永久变形的形象和各种各样的地质构造形迹，例如假整合、不整合、褶皱、断层、层

理、节理、劈理、隐微裂隙等，所以都把岩体称之为多裂隙岩体。由此可见，岩体是受到各种性质的软弱面切割而形成的综合体，由于软弱面的存在，岩体的强度要远低于岩石的强度。因而对于设置在岩体上或岩体中的各种工程所关心的岩体稳定问题来说，起决定作用的是岩体强度，而不是岩石强度。例如，在以往的围岩压力研究中，曾有人错误地认为洞室的稳定是取决于岩石强度与围岩应力之间的矛盾。但许多工程实践表明，在某些岩石强度很高的围岩中，仍然会产生大规模的变形和破坏，分析其原因则是由于围岩的整体强度不够，即由于岩体中存在着弱面而造成强度不足。由此人们逐渐认识到，影响洞室稳定的矛盾，不是岩石强度与围岩应力之间的矛盾，而是岩体强度与围岩应力之间的矛盾。所以岩体与岩石（岩块）是既有联系，又有区别的两个概念：岩块是组成岩体的基本单元；而岩体则是指天然埋藏条件下、由岩块组成的通常包含一种以上弱面的复杂地质体。因此，我们不仅要深入研究岩石的物理力学性能，而且要深入研究岩体的物理力学性能。

二、岩体结构的基本概念

岩体是地质历史的产物，在长期的成岩及形变过程中形成了它们的结构。岩体结构包括两个基本要素：结构面和结构体。结构面就是上述的弱面，即岩体内具有一定方向、延展较大、厚度较小的二维面状地质界面，包括物质的分界面和不连续面。它是在地质发展历史中，尤其是地质构造变形过程中形成的。被结构面分割形成的岩块，四周均被结构面所包围，这种由不同产状的结构面组合切割而形成的单元块体就称为结构体，也称为岩块。

结构面是岩体的重要组成单元。岩体的好坏，与结构面的性质有密切的关系，结构面成因类型不同，其结合力就大不相同。结构面按其成因可分为以下几种：

(1) 沉积结构面。如层面、层理、假整合面、不整合面等。

(2) 岩浆结构面。如岩浆岩的流层、流纹、冷却收缩而形成的张裂隙、岩浆岩体与围岩的接触面等。

(3) 变质结构面。如片理、板理、剥理等。

(4) 构造结构面。指在不同构造应力下所产生的各类结构面，如压性、张性、扭性、张扭性、压扭性等结构面。

(5) 次生结构面。如风化裂隙、冰冻裂隙、重力卸荷裂隙等。

结构面的强度取决于它的特性，即它的粗糙度及填充物的性质。其中，构造结构面在岩体结构类型划分时，常起着主导作用。在研究结构面时，一方面要注意结构面的强度、密度及其延展性，另外，还需注意结构面的规模大小和它们相互之间的组合特性。

结构体就是被结构面所围的完整岩石，或是有隐微裂隙的岩石。结构体也是岩体的重要组成部分。在研究结构体时，首先要弄清结构体的岩石类型及其物理力学属性，然后根据结构面的组合确定结构体的几何形态和大小，以及结构体之间的镶嵌组合关系等。结构体的不同形态称为结构体的形式，常见的单元结构体有块状、柱状、板状体以及菱形、楔形、锥形体等。

岩体结构是由结构面的发育程度及组合关系，或结构体的规模及排列形式所决定的。岩体结构类型的划分反映出掩体的不连续性和不均一性特征。常见的结构体类型有块状结构、镶嵌结构、层状结构、碎裂结构、层状碎裂结构以及松散结构等。

岩体强度就是指岩体结构的强度，它是包含有结构体强度和结构面强度的一个综合指标，

通常需要通过现场原地测量而确定,但这种测试工作较为复杂,费用高,时间长。岩石强度虽然只是反映了结构体的强度,不能全面反映岩体强度,但也是一个不可缺少的基本参数,对于岩体强度的评价具有一定的参考价值,特别是当岩体中仅有稀少的不连续面时,也即岩体的完整性良好时,岩体强度就与岩石强度接近。此外,岩石强度测定较为方便,积累的数据也多,所以目前工程设计中仍广泛应用,把它作为评价岩体稳定性的标准之一。

第二节 岩石(体)力学若干进展及发展方向

岩石力学近二十年来发展迅速,学术交流活动频繁,探讨问题的深度和广度都有新的突破,测试技术水平正在提高,与工程勘探和设计施工的结合日趋紧密。从国际岩石力学第五届会议及全国第一届岩石力学与工程地质会议所交流的论文来看,有以下的进展和动向:

(1) 重视工程地质宏观研究。岩石力学工作者在大量工程实践中,日益认识到发展岩石力学,一定要具备工程地质方面的知识,并借此来加强对岩体特性的宏观判断能力。事实上,世界上许多岩体工程失事,大都不是由于计算错误,而是由于对工程地质条件、岩体条件的宏观判断错误所造成的。因此在岩石力学研究中应加强工程地质实践,使岩石力学与工程地质脱节的现象有一定的克服。

(2) 大力发展岩体及岩石测试及检测技术。主要方法有:①试验方法的标准化和国际上的统一;②岩石力学的测试方法与地质勘探和设计施工配合更密切,一孔多用的测试手段有了新发展,仪器设备的自动化和轻型化,以及数据采集和处理的电子计算机程序化等都有很大的提高;③岩石(体)物理力学试验,地质力学模型、原位观测和数值分析三者之间有机的内在联系,愈来愈被人们所认识,因而通过工程实例的研究和根据监测资料的反分析来寻求岩体变形、破坏规律的分析方法也有了很大的发展。

(3) 加强对岩石(体)基本性质的研究。大范围岩体及结构面的几何特性、本构方程以及破坏准则方面的研究有所进展。如在弹性模型、弹塑性模型、低温及最小主应力条件的时间相关模型、大的天然不连续面的力学性状的模拟等方面均有不少成果。

(4) 数值分析在岩石力学中的广泛应用。有限元法、边界元法、离散元法节理岩块模型、冠块(石)理论等已成为解决岩石力学问题的有力工具。

(5) 强调岩石力学在工程上的应用。研究的重点转向地下工程。

(6) 重视工程实例的总结分析以及现场的判断,加强专家系统的建立工作。

总的来说,岩石力学虽然发展很快,但这门学科远非成熟,现有的理论和方法还远不能满足解决工程实际问题的要求。因此,大力加强岩石力学研究,更快地推动这门学科的发展,是工程实践的客观要求。

第三节 岩石(体)力学的任务与研究方法

一、岩石(体)力学的任务

岩石力学是研究岩体在各种不同受力状态下产生变形和破坏的规律,并在工程地质定

性分析的基础上,定量地分析岩体稳定性的一门学科。

岩石力学的任务是什么?要了解岩石力学的任务,必须了解岩石力学在工程实践中所起的作用,以及工程实践对于岩石力学所提出的要求。

岩石力学是20世纪50年代初期新兴的一门学科。与土力学对比,它的历史是很短的,它的发展是与现代化大生产的发展分不开的。随着大生产的发展,在对自然界能源的开采和利用以及在各项工程建设中,例如采矿、水利、水电、土木工程、铁路交通以及国防建设等,都提出了各种有关岩体稳定性的课题。由于对岩体稳定性认识不足,在一定程度上带有盲目性,一些大型水坝和岩质边坡、大型的地下洞室以及深部采矿等工程,都出现了重大的工程事故,究其原因,都是与各种受力状态下的岩体失稳分不开的。这就引起了人们对岩石力学的重视。目前,现代化工程的规模正在逐年加大,例如坝高已接近300m,隧道和矿山坑道的开挖深度已超过了3000m,随之对工程建设的责任性也相应增大。为使工程建设安全可靠、经济合理,就必须对岩体稳定性问题做出定量的评价。甚至某些重大工程由于岩体稳定性问题没有解决,迫使工程不能进行下去。岩石力学对工程实践所起的作用正在逐步被人们更深刻地理解。同时,岩石力学毕竟是一门年轻学科,在很多方面不够成熟,特别是由于岩体是自然地质体,影响岩体稳定性的各种因素之间的关系很复杂;自然界本身又是千变万化的,他们中间的很多规律性尚未得到充分认识,这就迫使我们必须进一步去探索研究。正是由于工程实践的需要,40多年来,岩石力学得到了高速发展。目前,在试图解决各种岩体稳定性问题的时候,不仅要有现代化的试验设备和方法——这是取得有关岩体第一手资料的必要手段,而且要有先进的理论指导和现代化的计算方法,才能有效地综合各种成果,求得接近于实际的答案。

由此,岩石(体)力学的研究可以大致归纳为以下几个方面:

- (1) 熟悉地质因素,对工程地质所得的定性研究成果的分析应用;
- (2) 岩石和岩体的物理力学性质的研究;
- (3) 为研究岩体稳定性所需要的各种测试方法的研究,包括岩石的物理力学性能测试,现场岩体的大型力学试验,岩体中应力和应变的量测技术,模型模拟试验以及岩体稳定性的长期观测等各方面;
- (4) 在不同的力作用下,岩体中应力与应变的分布规律以及岩体与工程建筑物相互作用的研究;
- (5) 影响岩体稳定性的各种因素和作用力,定量评价岩体稳定性的理论以及现代化计算方法的研究;
- (6) 关于加固岩体的工程措施与处理技术的研究。

限于篇幅,本书不可能对上述内容作全面详细的论述,只能择其基本部分进行阐述。

二、岩石(体)力学的研究方法

如前所述,岩石力学是一门新兴的学科,它又是一门边缘学科。为了能用力学的观点对自然存在的岩体进行性质测定和理论计算,为具体的工程建设服务,岩石力学必须采用科学试验与理论分析紧密结合的方法。

岩石力学中的科学实验是岩石力学研究工作的基础。进行岩石和岩体的物理力学参数测定,以及进行各项现场和室内的模型和原型试验,是建立岩石力学中概念和理论的物质

基础。现在,从事于岩石力学研究的工作者为了更好地获得第一手资料,广泛地采用现代探测新技术。事实证明,每当采用新的技术对岩体进行科学实验而获得成功时,我们对于岩体性能的基本认识也就前进了一步。因此,岩石力学的科学实验必须用最先进的测试手段来武装。

必须指出,我们现在所应用的理论是建立在前人基础上的,例如弹性理论、塑性理论、松散介质力学理论等。这些理论对于岩体的适用性要受到实践的检验。由于一定的理论是在一定的假设条件下建立的,它与复杂多变的自然岩体之间总是存在一定的差距,理论的适用性总是要受到一定的限制,因此,在应用理论时就要注意它的适用性。目前在岩石力学中尚有不少问题应用现有理论知识仍然不能得到完善的解答,还只能凭借实践中所获得的经验来进行处理,这在目前仍然是很需要的,但这些经验(经验公式)的作用绝不是阻碍和放弃理论的发展,而是要促进理论的发展。

现代计算技术正在飞速发展,电子计算机的问世和应用已经在技术上引起了一场大革命。电子计算机也必然应用于岩石力学,这是因为不仅有复杂的岩石力学问题要利用电子计算机来进行计算,而且因为岩体作为自然体,它所反映的性能是多变的,带有一定的概率性,大量的科学实验数据和成果也需要利用电子计算机来进行统计和处理。因此,电子计算机对岩石力学是十分有用的工具。

还需指出,岩体是个天然地质体,它经历了漫长的自然历史过程。各类岩体有它的地质成因,也经受了各种地质构造运动过程,各种结构面就是在这个过程中形成和演变的。岩石力学的研究离不开工程地质的定性研究,研究岩石力学还要求具备一定的工程地质和地质力学的知识。

岩石力学又是一门应用性很强的学科,因此,在应用岩石力学知识解决具体工程问题的时候,必须与工程的设计与施工保持密切联系和相互配合。岩石力学既应该为设计与施工提出有利于岩体稳定的方案,又能为新的设计和施工方法提出岩体稳定的理论根据,尽管要完全做到这一点是困难的,但是应该向这方面努力。

对岩石(体)力学发展有着举足轻重影响的研究方法与研究成果,大致有以下几个方面:

(1) 将岩体视为松散体,并运用连续介质力学进行理论分析的土力学方法。其代表作有太沙基(K. Terzaghi, 1925)著的《土力学》等,在工程实践中被广泛用于分析均质松软岩土中的边坡滑坡、挡土墙及浅埋洞室支架的顶压及侧压等问题。

(2) 将岩体视为均质、连续的弹塑性体,并应用连续介质力学进行理论分析的弹塑性力学方法。代表作有法国的塔罗勃(J. Talobre, 1957)的《岩石力学》、卡斯特纳(H. Kastner, 1971)的《隧道与坑道静力学》,以及我国于学馥教授(1960)的《轴变论》等,在工程实践中被广泛用于分析均质、坚固岩体中的洞室地压问题。

(3) 将岩体视为被结构面分割的非连续体,注重工程地质调查和获取岩体力学性质的原位测试,并运用刚体力学原理进行块体极限平衡分析的工程地质力学方法。代表作有德国的缪勒(L. Muller, 1971)主编的《岩石力学》及我国的谷德振、王思敬等(1972)著的《岩体工程地质力学的原理与方法》等。在工程实践中被广泛用于分析露天边坡,以及分析被断层或结构面明显分割的岩块稳定问题。

(4) 将岩体视为被大大小小的裂隙或弱面分割开来的损伤体, 运用损伤体力学方法进行分析研究。这是近年来正在发展中的一种新方法。

综上所述, 岩石力学的众多研究方法和理论各有千秋, 目前正处于继续发展和完善的阶段; 不同的学术观点竞相发展, 互为补充。这种现象恰好说明了岩石力学这一学科的复杂性。

第二章 岩石的基本物理力学性质

第一节 岩石的基本物理与水理性质

一、岩石的重量指标

岩石的重量指标是选择建筑材料、计算边坡稳定和围岩压力等重要的计算指标。岩石由固体、水、空气三相组成，具有相对密度、重度等指标。

(一) 相对密度 (d_s)

岩石的相对密度就是指岩石固体实体积的重量与同体积水的重量之比值。所谓岩石固体实体积，就是指不包括孔隙体积在内的实在体积。

岩石的相对密度可在实验室进行测定，其计算公式为

$$d_s = \frac{G_s}{V_s \gamma_w} \quad (2-1)$$

式中 d_s ——岩石的相对密度；

G_s ——绝对干燥的体积为 V_s 时的岩石重量，kN；

V_s ——岩石固体实在体积， m^3 ；

γ_w ——水的重度， kN/m^3 。

岩石的相对密度取决于组成岩石的矿物的相对密度。因此，那些含有相对密度较大矿物的岩石，如基性岩和超基性岩，一般具有较大的相对密度；而那些含有相对密度较小的矿物的岩石，如酸性岩，相对密度就较小。一般当已鉴定出岩石的矿物成分后，岩石的相对密度就可以粗略地进行估计，例如石灰岩的相对密度与方解石的相对密度相近，砂岩的相对密度接近于石英。

(二) 重度 (γ)

单位体积岩石的重量称为岩石的重度；所谓单位体积就是包括孔隙体积在内的体积。岩石的重度可分为干重度和湿重度；干重度 (γ_d) 就是单位体积岩石绝对干燥后的重量。湿重度 (γ) 就是天然含水或饱水状态下的重度。

$$\gamma_d = \frac{G_s}{V} \quad (2-2)$$

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (2-3)$$

式中 γ_d ——岩石的干重度， kN/m^3 ；

γ ——岩石的湿重度， kN/m^3 ；

G_s ——岩石试件烘干后的重量，N；

G ——岩石试件的重量（天然含水或饱水），N；

V ——岩石试件的体积， m^3 。

在一般情况下, 岩石干重度和湿重度的数值差别不大。但对于某些粘土质岩石, 区分干湿重度具有重要的意义。岩石的重度取决于岩石的矿物成分, 孔隙及含水量。当其他条件相同时, 岩石的重度在一定程度上与埋藏深度有关, 靠近地表的岩石重度往往比较小, 而深层的致密的岩石一般具有较大的重度, 其数值与相对密度较接近。多孔性岩石 (如浮石及某些火山熔岩) 孔隙很大, 重度可能小于 10kN/m^3 , 因而可浮于水上。

二、岩石的孔隙指标

岩石的孔隙性系指岩石的裂隙和孔隙发育程度, 其计算指标为孔隙率 (n), 即岩石试件内各种裂隙、孔隙的体积总和对于试件总体积之比。孔隙率可以从岩石的相对密度 (d_s) 及干密度 (ρ_d) 来计算:

$$n = \frac{d_s - \rho_d}{d_s} \times 100\% \quad (2-4)$$

有时, 岩石的孔隙性还可以用孔隙比 (e) 表示。所谓孔隙比是指岩石试件内各种裂隙、孔隙的体积总和与试件内固体矿物颗粒的体积之比。它与孔隙率 (n) 之关系为

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (2-5)$$

岩石的孔隙性对岩石的其他性质有显著的影响。一般来说, 随着岩石孔隙率的增大, 一方面削弱了岩石的整体性, 使得岩石的重度和强度随之降低, 透水性增大; 另一方面由于孔隙的存在, 又为各种风化营力大开了方便之门, 加快风化速度, 从而进一步增大透水性和降低力学强度。

三、岩石的水理性质

(一) 岩石的吸水性

岩石的吸水性系指岩石在一定的试验条件下 (一定试样大小、压力大小) 吸入水分的重量与岩石的干重量之比。吸水率为常见的岩石的吸水性指标。

岩石吸水率就是岩石试件在大气压力下吸入水的重量 (G_w) 与岩石干重量 (G_s) 之比值。

$$\omega = \frac{G_w}{G_s} \quad (2-6)$$

岩石吸水率的大小, 取决于岩石所含孔隙、裂隙的数量、大小、开闭程度及其分布情况, 并且还与试验条件有关。例如据有关单位试验表明, 整体岩石试件的吸水率要比同一岩石试样的碎块吸水率小, 随着浸水时间的增加, 吸水率也会有所增大。

表 2-1 列出了某些岩石的相对密度、重度、孔隙比、吸水率、软化系数等指标。

(二) 岩石的透水性

地下水存在于岩石的孔隙、裂隙中, 而且大多数岩石的孔隙裂隙是连通的, 因而在一定的压力作用下, 地下水可以在岩石中通过 (渗透)。这种岩石能被水透过的性能称为岩石的透水性。岩石的透水性大小不仅与岩石的孔隙率大小有关, 而且还与孔隙大小及其贯通程度有关。

衡量岩石透水性的指标为渗透系数 (K)。一般来说, 完整密实的岩石的渗透系数往往很小。岩石的渗透系数一般是在钻孔中进行抽水或压水试验而测定的。

(三) 岩石的软化性