

5(3)81 675844

7/2264

岩石力学基础

3)81

2264

冶金工业出版社

地质力学 岩石力学
1/16开本

岩石力学基础

地质力学出版社

5(8)81

7/2264

53781

7/264

岩石力学基础

〔日〕 山口梅太郎 著
西松裕一
黄世衡 译

冶金工业出版社

岩石力学基础

山口梅太郎 著
【日】西松裕一
黄世衡 译

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 9 1/4 字数 238 千字

1982年10月第一版 1982年10月第一次印刷

印数00,001~4,300册

统一书号: 15062·3878 定价1.15元

译者的话

这本书是根据1977年1月日本出版的《岩石力学基础》一书（第二版）翻译的。原书是日本东京大学教科书。

“岩石力学”是一门新兴的基础理论学科，凡是以岩石为工作对象的专业，例如矿井建设和开采（包括煤矿、金属矿、非金属矿），水坝、隧道、建筑工程以及地质工程等，都和这一学科有密切关系。现在，在我国，岩石力学的研究工作，已引起各方面的普遍重视，但至今在高等学校中，特别是在矿业学院中，还没有一本较系统的岩石力学教材。

本书中较全面地介绍了世界各国岩石力学的发展趋势和研究动向，还摘要介绍了很多文献。

由于岩石力学是一门较新科学，有些专业名称、术语等；国内译法尚不统一，因此将日文原文和书中英文注解汇集成附录，便于对照查阅。

本书可供有关院校以及生产、科研和设计等单位参考使用。

这本书在翻译过程中得到阜新煤矿学校领导大力支持，并承蒙煤炭科学研究院北京开采所副所长牛锡倬工程师、北京煤炭规划设计院路景才工程师及潘景明工程师审校、阜新煤矿学校部分老师的帮助，在此一并致谢。

由于译者水平有限，书中难免有错误及不足之处，请读者批评指正。

译者

1979.3.31

初版序言（摘译）

岩石力学是一门新兴学科。最近采矿和土建等有关技术人员，经常提到岩石力学或岩体力学这一名词，但是究竟什么是岩石力学直到目前还不能给出一个确切的定义。

我们在几年以前就开始为资源开发工程系、土木工程系的学生讲解了《岩石力学》。当我们编写这份讲义时，我们曾经做了很大的努力，讨论了它的内容、范围以及它要达到的目的。最后总算编写出这本书。

我们认识到：和岩石力学有关的科学，不论是基础科学，还是应用技术，各个方面都有着密切关系。为此，我们编写这本教科书时，就着重于研究岩石所必须具备的基础知识。同时，我们也注意到将来想要专攻与岩石力学有关学科的同学，以及关心岩石力学的现场技术人员等的愿望，更好地在实际工作中应用岩石力学，因而，在书中也系统地讲解了不可缺少的一些基本概念、手段以及研究的方法。

现在，这本书看来像是材料力学的一部分，这一点和我们的认识有关。我们认识到：岩石有它的特殊性，同时又认为它并不特殊，将它作为普通材料的一部分进行研究，这种研究方法是做为开始学习岩石力学的人们所应持有的基本立场。

科学是在不断变化着的。使它不断地向前发展，乃是科学工作者的一项光荣使命，这也是大家所共同希望的。岩石力学是一门新兴科学，因此，它的体系和内容尚不充分，对于它的发展，以及为了完成它而应采取的方法等，还有很多预料不到的事。那么，从这一意义来讲，这本教科书所叙述的内容，还不能认为已完全包括了做为研究岩石力学方面的技术人员所要求的基础知识。但是我们希望这本书，在这完全是陌生的研究岩石力学的领域中，给读者指出一个方向——最基本的方向。

虽然岩石力学具有很广泛的应用范围，但到目前为止还是比较陌生的，究竟它应当具有一个什么样的体系，这种思想，作者在编著这本书的过程中，不断地考虑着。在这一思想的支配下，若将岩石做为材料来理解时，又必须引进流变学和材料强度学等。这一些学科又和我们所接受的专门教育和以后所接触的技术科学都不接近。这样一来，就又要重新学习一些新的科学知识，那么，本书又是一本不能令人满足的作品。但是，我们还认为这本书至少和以前曾经研究过岩石力学的人们所考虑的有不同之处，它迈出了尝试研究岩石力学体系的第一步。

读完这本书后，有人对这样来研究问题还感兴趣的话，那将使我们感到意外的高兴。如果同学们理解了这本书中所讲述的一些基础知识，又想研究岩石——这一材料科学的一部分，而且在实际应用上，向有关岩石力学方面的科学技术进军，我们将更感到荣幸。

这本书以大学前期为前提而编写的，对于大多数读者来说，除了比较陌生的流变学、材料强度学等外，还增加了有关初等弹性理论的说明。又为了将来能向纵深研究，尽可能搜集了不少参考文献，有日译本的均附以日译内容，以期更易于理解。在本书编写中作者尽量避免重复，不统一，或者疏漏重要内容，但书中难免还会有不少不妥之处。

山口梅太郎

西松裕 --

一九六七年五月

再版序言

初版问世以来，已近十年。在这期间，岩石力学取得迅速进展，过去未能理解的一些现象，目前逐渐清楚了。这次再版不仅新订正了一些过去的解释，同时，也吸收了很多新的事实和现象，以及与岩石力学有关的新的科学技术。但是，我们也避免在这一版中，将所有新的成果都罗列进来并加以说明，而是本着对初学者必不可缺少的精选了一部分充实进去。当然，随着科学技术的发展，也有一部分被淘汰，或者订正修改。

我们还认为像这样的基础书，并不需要任意地将最新的科学研究成果，都纳入到书中来。

山口梅太郎

西松裕一

一九七六年一月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 岩石力学定义	1
§ 1.2 岩石力学性质的特征	3
1.2.1 各向异性和非均质性	3
1.2.2 时间影响和其它	5
§ 1.3 岩石的结构和构造	6
§ 1.4 岩石的物理性质	13
1.4.1 岩石的物理性质	13
1.4.2 比重	14
1.4.3 孔隙率	17
1.4.4 渗透率	17
第二章 物体的力学性质	21
§ 2.1 弹性、粘性、塑性	21
2.1.1 物体的基本性质	21
2.1.2 弹性	21
2.1.3 粘性	27
2.1.4 塑性	32
§ 2.2 理想物体和力学模型	33
2.2.1 实物和理想物体	33
2.2.2 元件及其力学模型	34
2.2.3 复合体和它的力学模型	37
2.2.4 实物的力学模型	44
§ 2.3 初等弹性论	49
2.3.1 应力	49
2.3.2 均一的应力状态	50
2.3.3 均一的平面应力状态	50
2.3.4 主应力（平面状态）	52
2.3.5 莫尔圆	53
2.3.6 三轴应力状态	55
2.3.7 应力的平衡方程式	56

2.3.8	应变	57
2.3.9	应力和应变的关系	60
2.3.10	应力偏量和不变量	63
2.3.11	弹性基础方程式	64
2.3.12	弹性应变能 (三轴应力状态)	65
§ 2.4	运动方程式	66
§ 2.5	塑性变形理论	68
第三章	强度和断裂	72
§ 3.1	各种断裂理论	72
3.1.1	何谓断裂	72
3.1.2	内摩擦角学说 (库仑理论)	73
3.1.3	最大剪应力学说 (特雷斯卡理论)	75
3.1.4	应力圆包络线学说 (莫尔理论)	76
3.1.5	剪应变能量学说	82
3.1.6	最普通的断裂应力的条件	84
§ 3.2	格里菲思理论	85
3.2.1	脆性材料的强度理论	85
3.2.2	格里菲思理论	87
3.2.3	格里菲思理论向断裂理论方面的扩展	90
3.2.4	岩石的格里菲思裂隙	92
§ 3.3	破碎的理论	93
§ 3.4	强度和断裂的概率论	99
3.4.1	强度的误差	99
3.4.2	结构敏感性	100
3.4.3	基于裂隙学说而形成的断裂概率论	101
3.4.4	尺寸效应	104
3.4.5	延迟断裂	106
§ 3.5	强度和变形	108
3.5.1	强度的定义	108
3.5.2	应力和应变的互换性	108
3.5.3	力学常数和强度	110
3.5.4	断裂和变形的机理	111
第四章	岩石的强度及其试验方法	113
§ 4.1	抗压强度	113
4.1.1	强度的概念和抗压强度	113

4.1.2	影响抗压强度的条件	114
4.1.3	因压缩作用使岩石断裂	124
4.1.4	刚性压缩试验	125
§ 4.2	抗拉强度	127
4.2.1	抗拉强度	127
4.2.2	压裂拉伸试验	128
4.2.3	弯曲试验	131
4.2.4	其它试验方法	132
4.2.5	关于测定值	133
§ 4.3	抗剪强度	135
4.3.1	抗剪强度的定义	135
4.3.2	直接剪切试验	137
4.3.3	直接剪切试验和三轴压缩试验	140
§ 4.4	三轴压缩试验	142
4.4.1	何谓三轴压缩试验	142
4.4.2	三轴压缩试验机和试验方法	144
4.4.3	孔隙的影响	145
4.4.4	周压下的压缩试验	146
4.4.5	周压下的拉伸试验	148
4.4.6	双轴压缩试验	149
4.4.7	真正的三轴压缩试验	150
第五章	岩石在应用上的试验	152
§ 5.1	硬度	152
§ 5.2	不规则岩样的强度	157
5.2.1	破碎性和粉化性	157
5.2.2	冲击强度	158
5.2.3	不规则岩样的压缩试验	160
§ 5.3	岩体的龟裂测定	162
§ 5.4	岩体的强度和变形特性	163
5.4.1	在原位置进行剪切试验	164
5.4.2	千斤顶试验	165
5.4.3	压力计	167
§ 5.5	其它在实用上的强度指数及其试验方法	168
5.5.1	斯密特锤	168
5.5.2	普氏系数	170

5.5.3	岩石和煤炭的可切削性	171
§ 5.6	岩体分类	172
第六章	岩石的变形	175
§ 6.1	静的性质	175
6.1.1	静的性质的定义	175
6.1.2	应力—应变曲线图	175
6.1.3	体积应变和膨胀性	179
6.1.4	滞后现象	180
6.1.5	蠕变	181
6.1.6	压力和温度的影响	185
§ 6.2	动的性质	190
6.2.1	岩体中的声音传播	190
6.2.2	音速和杨氏模量的测定	194
6.2.3	对数衰减率	196
6.2.4	冲击试验	204
§ 6.3	应力和应变的非直线性	207
6.3.1	直线性和叠加原理	207
6.3.2	非线性及其表示方法	211
§ 6.4	岩石的力学模型	214
6.4.1	从静的性质进行推论	214
6.4.2	从动的性质进行推论	215
6.4.3	动的性质和静的性质的对比	216
6.4.4	岩石的力学模型及其界限	218
§ 6.5	岩石的结构、构造和力学的性质	220
第七章	从自然现象研究岩石	225
§ 7.1	地质构造和造山运动	225
§ 7.2	褶皱和断层	227
§ 7.3	地震	230
§ 7.4	风化	232
§ 7.5	人造岩石	233
第八章	工程上的岩石	236
§ 8.1	岩体的强度和变形	236
8.1.1	地压	236
8.1.2	支架的作用	239

8.1.3 岩体内的应变能和岩石突出	241
§ 8.2 岩体掘进	243
8.2.1 破坏岩体的方式和掘进的难易性	243
8.2.2 岩石的磨损能量和钻头的寿命	245
§ 8.3 具有薄弱面的岩体的破坏	245
§ 8.4 石料和碎石	247
中、日、英名词术语对照	251
参考文献	265

第一章 绪 论

§ 1.1 岩石力学定义

你可能听说过“岩石力学”。顾名思义，它是研究有关岩石的性质和它的应用的一门学科，土建人员中，称它为“岩体力学”。

我们很难用简明的语言讲清楚岩石力学的内容。1956年4月，在美国的科罗拉多矿业学院 (Colorado School of Mines)，举行的岩石力学讨论会上^{①(1)}，开始使用“岩石力学”这一名词。通过这次讨论，确定了这一学科的基本轮廓。

在这个讨论会论文集的序言中说：“它是与过去做为——一门学科而发展起来的土壤力学，有着相似的概念的一种学科，对这种有关岩石的力学方面的学科，现取名为岩石力学”。并且还提到，凡是研究岩石——包括构成地壳的大块岩体，或者小到有一定限度的块状或碎片的岩石——本身的力学性质，受力后岩石的变态，以及随着这种岩石的性质和变态而发生的各种问题的研究，都属于岩石力学的范畴。

过去，对岩石来说，一直把构成岩石的矿物，以及它的结晶、化学成分等，分别做为矿物学、岩石学、结晶学及无机化学等各个分支学科进行研究；对于像岩石的成因及地壳的构造等，都分别在地质学、地震学、地球物理学等学科中进行研究。并且把属于工程上有关岩石的一些问题，从矿山学、土木工程学、建筑工程学、化学工程学等各自的立场出发，进行单独的研究。近些年来才认识到：应当将上述有关理科和工科两方面结合起来，

① 以下文中凡带有括号的 (1)(2)(3)……等数字均为著者引自附录的参考文献号。——译者注

组成一个新的领域的学科，将它称为岩石力学。今后的动向将是：从处理岩石的工业性专业中，将它的技术抽象化，推导出科学理论，再以这个科学理论为基础，开展新的技术研究。

岩石力学仅是一门比较新的学科，还没建成完整的体系，今后会有变动。但展望当前正在进行的各项研究的动向，就可以看出目前岩石力学所达到的水平。

1. 将岩石看做一种物质或者材料，把它的力学性质，特别是变形的情况和破坏的机理等做为研究的基本方向。

2. 着重研究岩石动态下的力学性质或它的强度，解决凿岩、爆破和切削等方面的问题，并把它应用于开凿隧道、开采岩石和矿物等采掘技术上，去做为它的发展方向。

3. 固然要重视相同的岩石，在不同的力的作用下的强度和破坏情况，但也应对开采出来的岩石的破碎或粉碎问题，特别是破碎后生成物的处理等问题，做为研究方向。

4. 特别重视岩石在静力学方面的性质的研究，用以推进地压理论的发展，并且把地下建筑的修建、维护等方面的问题，做为研究方向。

5. 将构成岩体的岩石做为一个主要课题，中心探讨产生龟裂、裂缝和孔隙^①等力学性质，进而把堤坝的基岩和滑坡以及地下建筑的强度等做为研究的方向。

6. 进一步把更大范围内的岩石的力学行为做为课题，如把地壳变动和随之出现的裂隙或褶曲等做为研究对象，并把它应用于地震学和构造地质学方面。

和岩石力学关系最为密切的学科列举如下：

其中基础学科有：

——弹性力学、塑性力学、流变学、断裂力学。

——矿物学、岩石学、结晶学、无机化学。

① 原文为“欠陷”英文为 Flows，中文无恰当译词，有的译本译为“孔隙”，也不十分确切，暂时也当“孔隙”译。——译者注

做为应用学科有：

——矿山工程学、选矿学、土木工程学、破碎体工程学。

——构造地质学、地形学、地震学。

要使岩石力学向更高深发展，把吸取所有有关的科学知识做为一种手段，使研究工作收到成效，这是理所当然的。

§ 1.2 岩石力学性质的特征

1.2.1 各向异性和非均质性

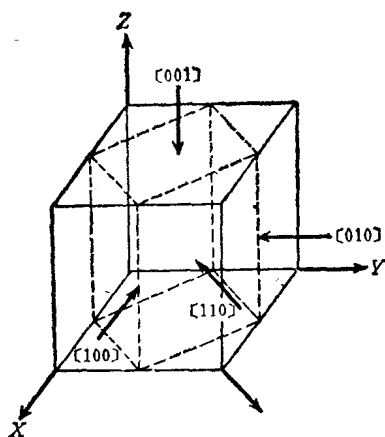
如果物体的某一性质在物体内部随方向而不同，则对该物体的这种性质称为“各向异性”。构成岩石的矿物，它的每一结晶，都具有一定的化学成分，都有一定的结晶排列。很多矿物都由于结晶的方向不同，而显示不同的力学性质^①，这就是力学的各向异性。岩盐（NaCl）属于等轴晶系的结晶矿物，如表1.1所示，由于测定的方向不同，力学性质就出现不同的值⁽²⁾。

表 1.1 岩盐结晶在纵向弹性模量（杨氏模量）
上的各向异性（根据Dreyer）

方 向	纵向弹性模量 $\times 10^5 \text{kg/cm}^2$
[100]	$4.22 \pm 0.4\%$
[010]	$4.57 \pm 0.9\%$
[001]	$4.57 \pm 0.9\%$
[110]	$3.46 \pm 0.5\%$

每一个结晶都像上面所说那样具有各向异性，但是对于完全由各个不同方向的一些结晶构成的岩石，它消除了每个结晶所具有的各向异性，因此当我们研究一个某种大小的岩石时，多数是把各个方向上的力学性质，完全看成一致。和各向异性相对而言，把这种相同的力学性质称为各向同性。

① 被称为劈开的结晶，它具有特殊的劈开面，是很好的例证。——著者注（以下除注明为“译者注”外，其余皆为著者注）



点线表示为了测定(110)方向的纵向弹性模量,从原有的岩盐结晶切成的岩样的形状

图 1.1 岩盐的结晶和测定纵向弹性模量的方向

某一大小的岩石,在力学上多数都做为各向同性的物体来处理。也有不少像结晶片岩(参照§1.3),它的结晶排列很特殊,明显地显示出各向异性。再有,如果岩体是由不少的岩层构成时,这些岩层的重复沉积也有各向异性出现。因此,在识别岩石时,要考虑它可能是各向同性的物体,同时也不能排除它可能是各向异性的物体。

我们也常使用均质性和非均质性这一名词。虽然常把各向异性和各向同性混同使用,但是当有一个物体不论取它的哪一部分,它的物理、化学性质都是一样时,我们称这物体为均质的,其中有一部分的性质不相同,我们称为非均质的。因此,像各向异性和各向同性对于均质性的物体来说,就有完全不同的意义。所以岩石既有各向同性及各向异性之说,同时也有均质性和非均质性的区别。

当研究岩石的各种性质时,对于像这样的名词概念,必须区分清楚。