

土力学中若干名词术语诂议

包承纲

(长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 本文综述了土力学中常用的几个名词术语, 如含水量、地基承载力、抗剪强度、岩土力学等。认为“岩土力学”并不是一门统一的学科, 而是“岩石力学+土力学”, 并对此进行了详细阐述。

中图分类号: TU13

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)01-0088-03

Discussion on some terminologies in soil mechanics

BAO Cheng-gang

(Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper summarizes several terms commonly used in soil mechanics, such as water content, foundation bearing capacity, shear strength, rock and soil mechanics, etc. It is considered that “rock and soil mechanics” is not a unified subject, as “rock mechanics plus soil mechanics” is, and this notion is expounded in detail.

一门学科中的专有名词、术语往往代表这个学科的一些特有的概念, 是与其他学科相区别的比较本质的东西, 所以是很重要的。孔子要求正名, 曰: “名不正, 则言不顺。言不顺, 则事不成……故君子名之必可言也, 言之必可行也”。可见正名确非同小可。秦始皇统一全国的度量衡促进了经济大发展, 也是这个意思。难怪目前国家制定了许多国标, 其中也包括名词术语方面的, 以规范全国之应用。

土力学中特有的许多名词是从上世纪 20 年代起, 随土力学的发展而逐渐出现和丰富的。我国所用的许多名词术语是从外文翻译过来的。限于当时科技水平, 有些名词译得不一定十分妥当或确切, 最明显的如土的“含水量”。反映土体中水分多少的英文单词有好几个, 但最普通的是“water content”, 把它译成“含水量”从英文的角度看是完全正确的, 因为它就是“含(...)量”的意思, 如“ash content”是“含灰量”; “carbon content”是“含碳量”等。但从意义上看, 它是土中水的质量与土颗粒质量之比, 以百分率表示, 所以是“率”的概念, 不是“量”的概念, 所以近来有的地方就把它改为“含水率”了。但也有人认为不改也无大碍, 因为大家都已熟知它的含义, 而且用惯了, 心中有数。其实在土力学中类似的例子还有, 例如“地基承载力”是反映地基土层承受上部荷载的能力,

确切应称为“地基承载能力”。但大家已理解, 不会弄错。

笔者以为, 这里应说清楚, “力”与“能力”是两个完全不同的概念, 而且是两个对立的观念。“力”是外面作用在土体上的, 而“承载能力”是土承受外力的一种本领, 是土的一个属性, 这种能力只有在外力作用时才表现出来, 所以它的量化只有在外力作用时才能度量, 这就导致两者常被混淆。把“能力”与“力”混为一谈的还有一个例子就是“抗剪强度”。它是土力学中一个非常重要的概念。笔者记得在许多土力学教科书中常被写为“土的极限剪应力”, 这不妥当, 至少不确切。因为抗剪强度是土体抵抗剪切破坏的能力, 是土的属性, 只是数值上等于极限剪应力, 概念上是相对立的两个物理量, 一个是外在的力, 一个是内在的能力。这一点对多年从事岩土工作的人来说或许不会成为问题, 但对初涉者则有必要弄清楚这个概念的确切含义。好在近年若干新版土力学教科书已有所注意, 如东南大学等四校合编的《土力学》就明确为“土体抵抗剪切破坏的受剪能力”^[1]。这很有必要。

近年, 土工合成材料界还出现了一个奇怪的新术语, 叫“强力”。似乎是把“强度”与“力”两个名词拼起来, 表明它既非“力”也非“强度”, 其单位为“N”。但其英语仍译为“strength”。笔者

揣测, 这个名词恐不是来自力学界或工程界, 但已用于某些工程部门的试验规程了, 笔者以为这种名词不太严谨。

这些年还有一个经常听到的名词——“岩土力学”。但细细琢磨, 似乎并没有真正一门叫《岩土力学》的独立学科, 目前有的只是《土力学》+《岩石力学》, 或者《岩土工程》, 或者《岩土工程学》^[2]。对于《岩土力学》这个名词怎么来的, 没有考究出来, 国际上似乎也未发现与《岩土力学》相对应的英文名词。据笔者回忆, 上世纪 80 年代初, 当时对国际著名的《Geotechnique》杂志该如何翻译成中文名曾在我国有关会议上有过讨论, 如有译成“土工学”的, 有译成“土力学”的, 还有译成“岩土工程”的等等, 莫衷一是。其实这是一个复合词, 台湾译成“地工技术”, 是很反映词的本意的, 他们还以此为名办了一个岩土方面的期刊, 笔者曾应邀在此发表过文章。我国把它译成“岩土工程”也很确当, 这也是后来把我国的有关期刊冠名为《岩土工程学报》的原因, 这是黄文熙先生定的。但由此如何把岩土工程的理论基础名为“岩土力学”, 就不太清楚了, 但岩石力学并不是土力学的一部分, 或派生物。下面简单说说笔者所知的关于岩石力学在我国发展的一些情况。

岩石力学在中国发展始于 50 年代后期, 当时为研究三峡工程大坝坝基, 国家科委批准成立了“三峡岩基专题研究组”, 集合长江科学院及全国 18 个单位的力量, 在陈宗基先生指导下进行研究, 这是我国最早的岩石力学研究机构。几年后陈先生在武汉成立“中国科学院武汉岩体土力学研究所”。而长科院的岩基组也发展壮大, 成为岩基研究所, 有百多人, 下设室内试验、现场试验、理论计算、岩体加固、岩体爆破等专业。50 年代末, 在学习了奥地利学派关于岩体的观点和理论, 开展岩体力学性质试验的理论基础研究, 解决室内外试验技术和设备, 并在 60 年代, 解决一系列大型工程的岩体土力学特性的试验研究中, 逐渐以独立学科的面目出现, 初步形成了《岩石力学》学科^[3]。有人认为, 岩石力学最早是从土力学分出去的, 因为 60 年代的最早部分研究人员的确是从土工人员中转过来的。而且两者的研究对象出于同根。但实际上, 岩石可视为有结构面的连续体, 而土已是呈碎散状的散体了。因此在处理方法上就有所不同, 似乎两者有越发展越分道扬镳的趋势, 而且在实践中, 两者也是分开的, 人员是两拨, 机构是两套, 各做各的

事。学会和学报都是两个(国际、国内均是如此), 所以它并不是一门统一的学科。现在冠名为《岩土力学》的书或杂志其实是把土力学方面和岩石力学方面的内容或文章放在一起而已, 并未融为一门学科。

《土力学》所以叫力学也是有原因的。一般说来, 力学是研究力和能量以及它们与固、液、气等物质的平衡、变形或运动的关系。土力学就是研究土与力的平衡、变形或运动的关系的。但土有其特殊性, 有人列出一大堆, 如碎散性、多相性、压硬性、剪胀性、渗透性、结构性、不均匀性、自然变异性等等, 不过依笔者看, 归根结蒂还是由两个最基本的特点引起的: 一是碎散性, 一是大自然的产物。由于是碎散的, 颗粒之间连接很弱, 容易相互移动, 产生体变; 由于碎散堆积, 颗粒之间会有孔隙, 孔隙中会充填液、气流体; 由于它是大自然产物, 必然具有时空可变性、不均匀性, 自然界中的胶结液体侵入并凝固后导致了土的结构性, 如此等等。因此, 土比许多其他材料都要复杂多变, 甚至难以捉摸。土力学的发展历程也与有些力学分支的发展历程不很相同, 它是在地球上建造工程时遇到问题需要解决而逐步积累和形成的, 有什么问题就找什么方法, 而且往往利用其他力学分支的既有成熟成果, 再尽可能考虑土体的一些特点来寻求问题的解决方案。这就使得“土力学”看起来不像一门理论体系完整、逻辑严密、术语严谨、算法精准的学科分支, 它带有很大的经验性成分, 有点像“头痛医头, 脚痛医脚”医学的味道, 所以它是一门很实用的学科, 尤其在 60 年代前的古典土力学阶段。那时的土力学, 正如有人描述的那样, “以线弹性多孔介质模型研究变形问题, 以钢塑性模型研究强度问题”把“本来一个由应力、应变、强度到稳定连续发展的过程被人为割裂开来”^[2]。这一方面限于对土体特性的认识, 另一方面也由于当时计算技术和计算工具的水平所限。由此, 有人觉得似乎“土力学”很“土”, 缺乏魅力。其实不然, 正是它众多的不确定性才使土力学充满灵活性, 留给人们更多想象空间和处理手段的选择, 更加有趣。这也是笔者之所以步入这个行业的一个原因。

土力学这种局面在 60 年代人们认识土的弹塑性应力应变特性的研究后才打破^[4]。这样就有可能把变形、应力应变、强度、稳定、破坏作为一个系列问题来处理, 不再人为地割裂开来。按黄文熙先生的说法, 这是一个革命性的变化^[4]。从此以后,

土力学进入了“现代土力学”的阶段。这阶段的问题已不是计算技术和计算工具的问题，而是对土的特性的认识 and 如何将它表达为数学公式即本构关系的问题了。

在地球上建造工程时，必然会对表面一定深度下的岩体、土体进行开挖，加固并承受外来荷载的作用，使岩、土的性质及边界条件、荷载条件发生变化。但这些变化如何认识到呢？

当然若工程已建成，就可用监测或原位测试方法去了解，但在工程前期的勘察设计阶段是无法知道的，这时只能用预测模拟的方法，这种模拟的预测对土层还较容易，因为土层在表部，勘探和取样比较容易，而岩层在深部就困难得多。在上世纪岩石力学发展的初期阶段，岩石工程的预测主要采用物理模拟的方法，包括样本室内试验、现场原位试验、静力模型试验、地质力学模型试验（*Geomechanical Model*）等，也曾试用过离心模拟试验。但由于岩体更近似于连续体，因此数值模拟方法发展得更快。随着计算机技术的迅猛发展和各种计算理论、方法的大量涌现，“使复杂的岩体结构和力学性质的模拟成为可能，目前成百条裂隙、几万个体型性质各异块体的数值模拟已经提到工作日程上了。在工程岩体性状的模拟研究中，数值方法已成为主导”^[1]。岩石力学的这个进展是值得庆贺的。而土力学的数值模拟似乎还未普遍成为土工工程预测的主导方法。因此，以笔者的一孔之见，似乎岩石力学近年在这些研究方面的进展更快一些，虽然岩石力学的发展至今还只有半个多世纪，而土力学存在已经一个世纪了。

当然客观地说，由于岩体在某种意义上可以看作具有多种结构面的连续体，因此，它借用现成的许多连续体力学的成果似乎比土力学更为方便。但岩石力学中不仅发展了连续介质力学的分析方法，如有限元法、边界元法、有限差分法等，也发展了非连续介质力学分析方法，如块体理论、不连续变形分析理论 DDA、离散元、刚性弹簧元法、界面元法等。近年，又发展了数值流行法 NMM，“理论上初步实现了连续与非连续方法的统一”^[3]。在上列的种种数值分析方法中，NMM 法是充分考虑实际裂隙岩体力学性状的一种新发展的方法，因为实际岩体既有众多结构面，又不是被完全贯通的结构面切割成的块体组合，NMM 就是针对这种物体的，它是近年由中国人提出并发展的。NMM 是“在 DDA

块体系统非连续运动理论的基础上，融入有限元法和解析法的连续分析方法”，“将有限元法、DDA、解析法包括在内的一种统一计算形式，统一解决了连续和非连续变形的力学问题。有限元法和 DDA 是 NMM 的两个极端特例”^[3]。有人也曾尝试将它用于汶川地震唐家山滑坡运动的模拟。

岩石力学这些年不俗的进展是很值得借鉴的。

土虽为散体，但真正作为散体来研究的成果在“土力学”中还不太多，许多情况下也只能把土近似为连续体对待，以便引入连续体力学的成果。当然这就不如“岩石力学”的近似性好。如何把土真正当“土”来对待，仍是土力学工作者的任务。

《岩石力学》和《土力学》虽然有许多不同，但它们的任务基本上是相同的，都是为地球上建造工程或处理地球上发生灾害的措施提供理论基础，说得具体些就是对岩体、土体进行认识，利用和改造（加固）。无疑，建造建筑物就会使地层受到力的作用，对建在土层上的建筑物就使用土力学来处理，土层下面若存在岩层，由于岩石刚度大得多，且离建筑较深，往往可不予考虑；而对建在岩层上的建筑物，则使用岩石力学来处理，但有时在岩层浅部存在软弱夹层或岩石泥化夹层，这时土力学也要上阵，两套锣鼓一起打，如葛洲坝工程大坝这样巨型建筑物，就遇到这种情况。另外，建筑物与地面相接触，因此它们与建筑物间的界面特性或共同作用问题就是岩石力学和土力学的共同课题。这两门学科的共同点还是很多的，在此不多赘述。

目前，《岩土力学》似乎还停留在《岩石力学》+《土力学》的现状，以后是否会成为一门统一的学科尚不清楚。但两者的许多共同点和不同点表明，两者应有更多的相互了解、借鉴和交流。虽然目前已有一些交流的平台，如《岩土工程学报》，但具体的、有效的交流还有待加强。

参考文献

- [1] 东南大学, 浙江大学, 湖南大学, 苏州科技学院, 合编. 土力学[M]. (第三版) 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] 谢定义. 涓流[M]. 西安: 三秦出版社, 2009.
- [3] 董学成. 水工岩石力学[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2004.
- [4] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1984.