

土力学“一二三四”归纳法简述

李 幻, 张玉敏, 王安明, 郝小红

(华北水利水电学院 资源与环境学院, 河南 郑州 450011)

摘要:土力学是土木工程、水利工程等专业的专业基础课。土力学的研究方法、思维方式与其他数学力学类课程有较大的不同。文章简要论述了土力学的理论体系,将土力学的主要内容、主要特点归纳为“一二三四”,并讨论了各个特点在土力学理论体系中的位置作用及各个特点之间的逻辑关系。该方法抓住了土力学的重点,简明扼要,容易记忆,帮助学生从宏观上认识土力学,帮助教师更好地讲授土力学课程。

关键词:“一二三四”归纳法;土力学;本科教学

中图分类号:TU43;G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2011)02-0100-04

土力学是土木工程、水利工程等专业本科生的重要基础技术课程之一,主要讲授了土的物理性质以及在荷载作用下土体内部的应力变形和强度规律,从而解决工程中土体变形和稳定问题的一门学科。

在本科的教学安排中,学生应该在学完了高等数学、大学物理、理论力学、材料力学等课程后开始土力学的学习。上述数学力学类课程的特点是:研究的系统和对象处于理想的状态,因此可以进行严密的数学推导,并只需做出很少的假设。

但是由于土体的性质极为复杂,土体具有很多不同于其他材料的特殊性,因此土力学的研究方法和思维方式相当的独特。学生在开始土力学的学习后,往往会觉得和其他数学力学类课程的思路有很大不同,因此感到困惑。如果在讲授土力学知识的同时,将土力学研究的基本思路、常用方法、注意事项、常见问题向学生进行有意识的强调,那么非常有助于他们深入理解课程的实质,并对后续课程以及硕士生和博士生阶段的学习和研究具有很大帮助。基于以上观点,文章提出“一二三四”归纳法,对土力学的基本问题和重要问题进行概括和总结,以期对教学有所帮助。

一、“一二三四”概述

“一二三四”的含义如下:“一”指贯穿土力学的一条主线,即为有效应力原理;“二”指土力学所研究的对象土体的两种特性,即不确定性和易变性;“三”指土力学需要解决的三个主要问题,即变形问题、破坏问题和渗透问题,分别对应于压缩固结理论、强度理论和达西定律;“四”指土力学的四个特点,即机理解释多、假设多、经验公式多和安全系数多。

收稿日期:2011-02-19

基金项目:郑州市创新型科技人才培养计划领军人才项目(10LJRC185);教育部留学回国人员科研启动基金;2009年度河南省高等教育教学改革研究项目;华北水利水电学院高层次人才基金项目

作者简介:李幻(1979-),男,华北水利水电学院资源与环境学院讲师,博士,主要从事非饱和土的研究,
(E-mail) lhfantasy_81@163.com。

在“一二三四”中,“一”和“三”是土力学所需要解决的核心问题;“二”和“四”是土力学的特点,是与其他数学力学类课程不一样的需要特别关注的地方。

二、对“一二三四”的简要介绍

(一) 三个问题

以卢廷浩编者的《土力学》^[1]为例,纵观全书的主要内容,并对各章在理论体系中的位置和作用进行分析。全书共分八章,分别为:第一章,土的物理性质指标和工程分类,主要讲述土体的基本物理指标以及测定方法,让学生对所研究的对象有一个初步的认识,起到了一个入门的作用。第二章,土体应力计算,主要讲述地基基础中的自重应力、附加应力的计算,应用了许多弹性力学中的理论。在土力学中,大部分的问题是研究土体受到外力作用之后的行为特征,因此外力是引发问题的外部因素,本章就解决了外力的计算及确定的问题。第三章,土的渗透性,主要讲述土力学中如何处理与水相关的问题,包括渗流速度的确定(达西定律),水在土体区域内的分布特点(流网),渗流引发的土体稳定性问题(流土和管涌),有效应力原理。第四章,压缩和固结,主要讲述压缩固结的计算,解决了土体变形计算的问题。第五章,土的抗剪强度,主要讲述摩尔库伦理论,解决了土体破坏计算的问题。第六章,挡土墙上的土压力,主要讲述由工程中挡土墙土压力的计算。第七章,主要讲述边坡稳定计算的问题。第八章主要讲述地基承载力的问题。

在土力学理论体系中,最重要的部分是第三、四、五这三章,分别解决了渗流、变形和破坏这三大土力学基本问题,整个土力学都是围绕着这三大问题展开的。在其余的章节中,第一、二章是辅助章节,第六、七、八这三章是三大问题在具体实践中的应用。

在解决具体的工程问题时候,通常的步骤如下:(1)对系统进行受力分析,这需要应用第二章的知识。(2)进行强度分析,这需要用到第五章的知识。如果土体的强度较低,就要采用各种方法使土体固结以强度提高,在后续课程中还有其他增大土体强度的方法。

(二) 一条主线——有效应力原理

有效应力原理是贯穿于整个土力学的一条主

线^[2],是土力学的基石。在几乎所有的土力学理论中,都包含有效应力原理的应用,例如:太沙基一维渗流固结理论、比奥固结理论、土的固结不排水强度、不排水强度及其指标、斯坎普顿的孔隙水压力系数、水下土体自重应力与附加应力的计算、渗透变形、基础浮力计算、地基的预压固结计算、极限平衡法边坡的稳定分析等。可以说,在土力学中有效应力原理非常重要。如果没有学好有效应力原理,那么就谈不上学好了土力学。

(三) 两种特性

土的工程性质具有两种基本特性,即不确定性和易变性^[3]。

1. 不确定性

土的最重要的特点就是它的不确定性。土的性质非常复杂,主要体现在以下方面:土是非线性材料,本构关系并不唯一;影响土体性质的因素很多,包括结构性、外加荷载、应力路径、水力学环境、热传导等。由于土体埋藏于地下,难以直接测量,只能在场地上钻孔取出不同深处的土样进行土力学实验,并以其结果来估计和评价整个建筑场地,这样的评估结果本身就具有很大的误差和不确定性。

2. 易变性

土的工程特性很容易受到外界环境因素的影响,这些因素包括温度、湿度、地下水、荷载等。在这些因素的影响下,土体的性质很容易发生变化,而这种变化又增加了土力学问题的可变因素,加重了土的不确定性。

(四) 四个特点

由于土具有以上两种特性,土力学就具有了很多不同于其他数学力学类课程的特点。在学习土力学之前,学生在高中阶段和大学低年级阶段学习的数学力学课程中,所研究的对象是理想化的材料。比如在弹性力学中,假设研究对象是均匀、连续、各向同性的线弹性体(弹性力学中也有对各向异性或者横观各向同性材料的研究,对非线性弹性体的研究,但是那些知识一般不会在本科阶段讲授),因此,可以进行严密的数学推导和论证。土力学研究的对象是土体,是一门与工程实践联系非常紧密的课程。土体千差万别,主要具有不确定性和易变性的特点,这就导致了土力学具有其他数学力学类课程所不具

备的四个特点。

1. 机理解释多

在土力学之前,也有学科需要对某一现象进行机理解释。但是在土力学中,具有非常多的机理解释,且具有自身的特点。概括来讲,主要有以下三类。

第一类是细观层面分析。这是因为土颗粒的尺寸从几毫米到千分之一毫米不等,土体的宏观的力学特性其实是由细观的力学特性决定的。比如土的有效应力原理中就从细观的尺度对孔隙水和土颗粒分别承担的土压力进行分析。但是由于土体的不确定性,这种细观尺度的机理解释只能进行定性分析,不能进行定量计算。

第二类是宏观层面分析。各种土力学现象,比如滑坡、渗流、土体固结等,都是动态的过程。只有理解了这些过程,才能比较深入地理解土力学现象的定义、公式等内容。需要强调的一点是,宏观层面的现象是由无数的细观层面的行为所组成的,因此宏观层面的分析和细观层面的分析并不矛盾,反而相辅相成。

第三类是类比分析。把所研究的问题类比为常见问题,以帮助理解。比如在讲授土体固结原理的时候,经常进行一个类比,把土体比作一个桶,里边充满水,桶上边有盖子,盖子上有孔洞,水可以从洞中溢出,桶中有一个弹簧,代表土骨架。盖子向下移动,土体受到外力压缩,就会受到弹簧的抗力,这表示土体的强度;同时水从洞中溢出,这表示土体中水的消散。这个类比很好地解释了固结的过程。

机理分析在土力学中的地位非常的奇特。一方面,不了解机理,并不影响学生应用公式;另一方面,要深入的理解这门课程,必须对机理有深刻的理解。反过来,在搞清楚了某一土力学过程的内在机理后,又非常有助于理解经验公式的内在含义。在教学中,如果对学生刻意的强调这一点,那么对学生今后的学习和工作会很有帮助。

2. 假设多

在土力学之前的数学力学类课程中,虽然也有一些假定,但是假设条件并非重点,很多教师也不会刻意地强调,因此,学生往往会认为假设不是重点,而没有加以足够的重视。但是对于土力学来说,由

于土体过于复杂,在进行研究的时候,就必须对问题进行简化,才可以用现有的数学工具来对问题进行数学描述,并得到土力学中的计算公式。这些假设是在某种限定条件下作出的,如果实际情况不符合这种假设,那么根据假设所得出的研究结果并不适用。对于刚接触土力学的学生,往往会受以前所学课程思维方式的影响,忽略了课程中的假设条件。如果对这些假设条件及其适用范围进行有意识地强调,对学生深入理解土这种材料的特性,以及进一步地深入理解土力学这门课程,都非常有帮助。

3. 经验公式多

土力学中的很多问题,很难通过严密的数学推导得到精确的解答,这也是由于土体的不确定性和易变性所决定的。公式和公式中参数的不准确就会造成误差,因此,土力学中很多问题只能采用经验公式的方法来求解。学生不明白这个道理,会觉得困惑,甚至因为经验公式很多,而质疑土力学的科学性和严密性。对这一点也需要课程专门讲授,才能消除学生疑惑,帮助他们建立对土力学的正确认识。

4. 安全系数多

土力学是一门与实际工程联系非常紧密的课程,许多理论都是建立在实际应用和实际经验的基础上。在工程中,往往先对所研究的系统进行受力分析、应力计算,得到临界状态的数值,然后再乘以或者除以一个安全系数,作为工程设计的依据。而安全系数的确定也是由经验所得。这是工程设计常用的方法。有的学生就会错误地认为,有了安全系数的保证,临界状态的正确计算就不是那么重要,反正可以用安全系数来进行修正。如果不对这样的错误观念加以纠正,那么这种观念一旦形成,很难改正,也非常危险。

5. 土力学四个特点的内在联系

前边分析了土力学的四个特点,这四个特点都是由于土体的两个特性即不确定性和易变性所决定的。正是由于土体的不确定性和易变性,才导致了不能将弹性力学、材料力学的结论公式直接套用到土力学中,而必须正确分析土体的力学行为的内在机理,这样,才能明白土体材料和力学中的理想材料之间的相同点和不同点。然后通过假设,把力学中的公式引入土力学中,或者建立经验公式。而这些

假设条件实际上就是土力学公式的适用范围。只有符合假设条件的情况下,经验公式才是适用的,相反,经验公式并不适用。比如,在进行土体应力计算的时候,将土体假设成线弹性体,然后直接应用弹性力学中的布辛奈斯克解答,而在固结问题中就必须考虑弹塑性的应力应变关系。在这两个问题中,土体本身并没有改变,但是假设条件改变,就造成了处理方法的不同,所采用公式的不同,以及公式的适用范围的不同。正是由于经验公式与实际情况之间存在着相当大的误差,所以在实际工程中必须采用安全系数法,而且要靠经验来确定安全系数的取值。由此可见,四个特点之间在逻辑上是递进的关系。

三、“一二三四”的应用

“一二三四”是对土力学主要问题的一个总结,既抓住了土力学的重点,又简明扼要、容易记忆。在讲述绪论时,引入“一二三四”的表述,就可以帮助学生在课程之初就对土力学有一个宏观的认识。在教学中,对每一个具体的知识点,指明其在“一二三四”中所处的位置,有助于学生快速理解知识点并把握其重点和难点;在讲解了多个知识点之后,将各个知识点按照内容和特点分类,并比较其相同点和不同点,有助于学生理解重点和难点,并分清容易混淆的

知识点之间的区别和联系。

四、结论和展望

(一) 结论

文章提出了土力学教学的“一二三四”归纳法,简要介绍了该方法的基本内容、主要思想、各内容之间的逻辑关系,并初步阐述了其应用方法。但是该方法提出时间较短,有很多不成熟、不完善的地方,需要进一步的补充,并在实际工作中应用以检验其效果。

(二) 展望

在下一步的工作中,可以用“一二三四”的框架来重新梳理土力学中的知识点,明确指出各个知识点在土力学知识框架中的地位 and 作用,各个概念公式的来源、假设条件、机理分析等,使之更加系统化、条理化。

参考文献:

- [1] 卢廷浩. 土力学[M]. 南京:河海大学出版社,2002.
- [2] 李广信. 岩土工程 20 讲[M]. 北京:人民交通出版社,2007.
- [3] 赵成刚,白冰,王运霞. 土力学原理[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

Induction teaching method of soil mechanics

LI Huan, ZHANG Yu-min, WANG An-ming, HAO Xiao-hong

(Institute of Resources and Environment, North China University of

Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, P. R. China)

Abstract: Soil mechanics is a basis course of civil engineering and hydraulic engineering specialty. There is a great difference in the research method and thinking way between soil mechanics course and other mechanical and mathematical courses. The paper introduced the theory system of the course, reduced the main contents and features to “1234”, and discussed the position and function of those features. We can grasp the key points of soil mechanics by the method which is pithy and easy to remember. The method is helpful to the students’ understanding and the teachers’ teaching.

Keywords: “1234” method; soil mechanics; undergraduate teaching

(编辑 欧阳雪梅)