

土力学教学中几个基本概念的分析

朱建群, 高文华

(湖南科技大学 土木工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:把握好土力学基本原理的教学内容和方法是土力学课程改革最重要的部分。对在教学过程中学生易产生概念混淆的几个基本概念进行了分析,旨在使学生能巩固和加深对这些概念的理解,对今后工程实践中运用相关知识来解决土力学问题有所帮助。

关键词:土力学;教学实践;基本概念

中图分类号:TU43-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2008)03-0078-08

土力学是土木工程类、工程力学类、水利类等专业的专业主干课程,是利用力学的基本原理和土工测试技术,研究土的物理性质以及受外力后发生变化时土的应力、变形、强度和渗透及长期稳定性的一门学科,是力学的一个分支,属散体力学。由于土力学涉及较多的前期知识和相关领域,课程的横向跨度大,不仅有一定的理论深度,基本知识既抽象又不成系统,而且其研究对象——土,是不连续的非均质材料,力学性质复杂,影响因素众多,目前仍有许多问题尚未研究清楚而处于经验或半经验状态,因而,学生认为土力学是一门比较难掌握的课程。不少学生在完成该课程的学习之后并未真正理解和掌握土力学的基本原理,在毕业后的初期工程实践中遇到土力学问题时感到无所适从,只能依靠或参考本单位及其他现有的工程经验进行设计,对设计出的结果和施工中遇到的工程土问题无法进行评估。因此,如何把握好土力学基本原理的教学内容和方法是土力学改革最重要的部分。为此,笔者介绍在近年来土力学教学过程中对几个基本概念的把握。

一、土的三相比例指标间的换算

土的三相比例指标反映了组成土的固体颗粒、孔隙中的水和气体这三相所占的体积和质(重)量的比例关系,它们不仅描述了土的物理性质和所处的状态,且在一定程度上反映了土的基本力学性质。目前,大多教材在对各比例指标定义后,会给出一个“常用的物理性质指标之间的换算公式”,同时,也强调学生应掌握各指标换算公式的推演,不必背记。但笔者在教学中发现,如不对学生具体讲解公式间的推演,学生只能去背记,如若教材在编辑和校对中存在差错,则很可能导致学生对各指标间的换算始终是错误的。所以,在教学过程中须对三项比例指标进行归类性的公式推导示范,使学生不仅对各定义有深刻的印象,且巩固和加深对各指标间联系的理解。

收稿日期:2008-04-23

基金项目:湖南省普通高等学校省级精品课程(湘教通[2006]133号文);湖南省普通高等学校教学改革立项项目(湘教通[2005]280号文)

作者简介:朱建群(1975-),女,湖南科技大学土木工程学院副教授,博士,主要事土力学及基础工程研究,(E-mail)zhu-jq@163.com。

欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

由于土的密度(容重)、土粒比重和含水量是土的基本试验指标,因此在换算过程中这三个指标必须知道其中的两个,再加以其他条件才能推导其他的三相比例指标。因此,土的三相比例指标间的换算有两种途径。

第一种情况,在得知土的密度 ρ 、含水量 w 及其他指标(如孔隙比 e)的条件下,则可假定 $V=1$ 。依据土的三相草图及其基本物理量的定义,土的总重量为 $m=\rho$,固体颗粒质量 $m_s=m(1+w)=\rho(1+w)$,体积为 $V_s=1-e$;水的质量为 $m_w=w\cdot\rho/(1+w)$,水的体积为 $V_w=m_w/\rho_w=wp/[\rho_w(1+w)]$;则孔隙气体积为 $V_a=e-V_w$ 。由此,土中各相的质量和体积均已知(如图1所示),可根据其他指标的定义确定所有的三相比例指标。

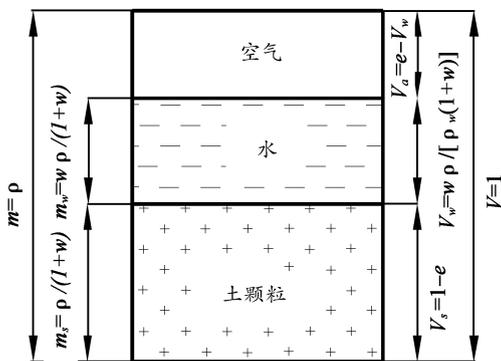


图1 第一种情况下三相比例指标的换算

第二种情况,在已知土粒比重 G_s 、含水量 w 及其他指标(如孔隙比 e)的条件下,则可假定 $V_s=1$,则孔隙体积为 e ,总体积为两部分之和 $V=1+e$ 。固体土颗粒的质量 $m_s=G_s\rho_w$,孔隙中水的质量 $m_w=wG_s\rho_w$,体积为 $V_w=wG_s$,总质量 $m_s+m_w=(1+w)G_s\rho_w$,由此,土中各相质量和体积已知(如图2所示),可依据其他指标的定义确定其值。

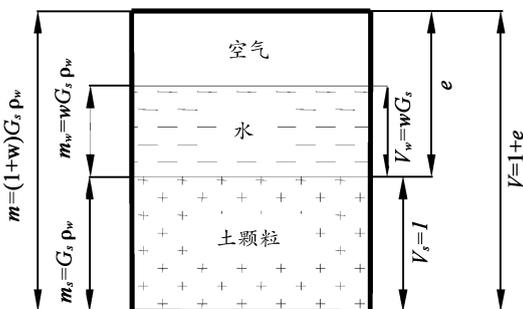


图2 第二种情况下的三相比例指标换算

在同时已知土的密度 ρ 和土粒比重 G_s 的条件下,可通过以上任一土的三相比例指标换算方法进行三相比例指标的推导。通过以上的图解和讲解,

学生可知道各三相比例指标间的推导过程,而不必对各公式进行死记硬背。

此外,需提出的是在三相比例指标定义过程中不少教材提出了“浮密度”这一定义,这在教学中应该对学生阐明这一“概念”是错误的。李广信教授对此问题有专门论述^[1],在此不再叙述。

二、有效应力原理及相关问题

按照 Terzaghi 的有效应力原理,有效应力被定义为固体颗粒(即土颗粒)间的接触应力在土体截面积上的平均应力,其值 σ' 是总应力 σ 减去孔隙水压力 u 所得差值,它控制了土的变形及强度性能。事实上,有效应力原理虽然在物理意义上是明确的,但它仅仅是个“概念性”的模型,这表现在有效应力根本无法测定,而是量测总应力和孔隙水压力后的差值。即有效应力实际是一个虚拟的物理量,它比实际接触应力要小得多。在教学过程中如结合 Terzaghi 的一维水-弹簧-活塞模型,用弹簧的变形状态来反映土颗粒间的接触作用,则能较好地解释有效应力原理,使学生能对这个虚拟的物理量有了感性的认识。

有效应力原理从它被提出的那一刻起就倍受人们的关注,J. K. Mitchell 将其喻为土力学的“拱心石(keystone)”^[2],其重要性由此可见一斑。对有效应力原理及孔压等概念的认识和应用应贯穿于土的力学性质包括理论、计算和应用的始终,关系到对许多难点问题的理解,但一般土力学体系中仅简单提一下有效应力原理,且存在阐述顺序不一。因此,学生在接受和理解原理时,显得牵强,易出现概念混淆的现象,主要表现在以下几个问题中。

(一) 地下水位以下土的自重应力

目前,对地下水位以下土的自重应力的计算有两种方法。其一,在公路部门规范中,强调计算地下水位以下土的自重应力时,应根据土的性质确定是否考虑水的浮力作用,即砂性土是应该考虑浮力作用的,粘性土则视其物理状态而定。一般认为,如水下粘性土的液性指数 $I_L \geq 1$,则土处于流动状态,土颗粒间存在大量自由水,此时可认为土体受到水的浮力作用;若 $I_L \leq 0$,则土处于固体状态,土中自由水受到土颗粒间结合水膜的阻力不能传递静水压力,故认为土体不受水的浮力;若 $0 < I_L < 1$,土处于塑性状态时,土颗粒是否受到水的浮力作用就很难肯定,一般在实践中均按不利状态来考虑^[3]。其二,在

建筑部门规范中,认为除岩石不透水不能传递静水压力,不受水的浮力作用以外,其他无论是何种土,也不论其所处的物理状态,均考虑水的浮力作用。

在教学过程中应对学生提及不同规范对该问题的不同处理方式,以适应学生毕业后在不同行业部门工作的需要。教学中发现学生对砂性土的自重应力情况掌握得较好,但对于透水层和非透水层接触面上的自重应力计算显得有些茫然,实际上,在该面上存在力的突变现象,如图3所示。因此,在教学中应当强调自重应力的基本概念:土中某点之上的土重量。

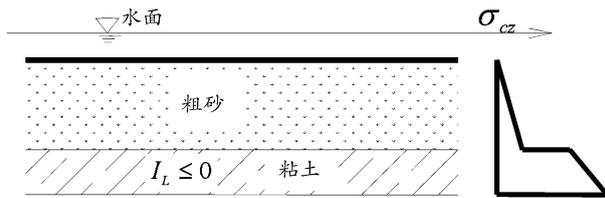


图3 透水层与非透水层界面上的力的突变

由此可见,土中的自重应力分为作用于土体上的总自重应力和作用于骨架上的有效自重应力。但不少学生总是把有效应力和自重应力对等起来,如此很难解释欠固结土的压缩和变形情况。应当强调的是:有效应力和孔隙水压力是根据应力的承担者来划分,而自重应力和附加应力是根据应力的来源来划分。

(二) 孔隙水压力

众多土力学教材中定义,“由土体孔隙内的水承担的那部分应力为孔隙水压力”。而孔隙水压力应包括静水压力和超静孔隙水压力,但大多数教材对超静孔隙水压力未进行说明,在土体的渗透固结部分中突然出现超静孔隙水压力,这使得大多数学生对孔隙水压力的计算中显得迷茫,对有效应力原理中孔隙水压力的理解和运用也显得无所适从。《岩土工程基本术语标准》(GB/T50279-98)规定静水压力是“给定点与自由水位差引起的压力”;超静孔隙水压力是“饱和土体内一点的孔隙水中超过静水压力的那部分”^[4]。尽管李广信教授认为“这些定义存在一系列的疑义与误导”^[1],但笔者认为对于本科阶段的饱和土力学的稳定渗流教学过程中,以上两个概念还是可以借用的。

在这样的概念下,可清楚地分析饱和土层的渗透固结过程中某点处测压管高度应该是静孔隙水压力和超静孔隙水压力之和,而超静孔隙水压力的出

现是由于外荷载的施加,受到荷载作用的土体积减少,土骨架被压缩,附加应力逐渐转嫁给土骨架,土骨架承担的有效应力逐渐增大,相应的超静孔隙水压力逐渐减少,即最后全部附加应力由土骨架承担,超静孔隙水压力消散为零。

在教学中应提出孔隙水压力的正负问题,使学生对孔隙水压力有全面的理解。与其他固体力学有显著区别的是:土力学中以压应力为正、拉应力为负。因此,通常在以下几种情况下可遇到孔隙水压力出现负值的情况:第一种情况是在毛细水上升区,在地下水位以上由于受到表面张力的作用,使得毛细水上升,则此时的孔隙水压力为 $u = -\gamma_w h$;第二种情况为土体受外荷载作用下如表现出剪胀性质,则也会出现负孔隙水压力;第三种情况为在水土压力作用下,挡土墙有向前位移的倾向,这也会产生负的孔隙水压力^[5]。因此,在教学中应使学生建立起孔隙水压力不仅是对孔隙水压力的描述,也在一定程度上反映了土体所处的状态,其值可正可负。同时需指出的是,静孔隙水压力和超静孔隙水压力的物理本质并无不同,其分类是人们为了理解和计算的方便。

三、挡土结构上的土压力和水压力

挡墙土压力的计算是土力学中非常重要的内容,是利用土力学基本原理解决实际工程问题的一个典范。在朗肯土压力计算公式的推导过程中如能结合极限平衡理论公式的推导过程,则学生在理解和运用上能取得较好的效果,即在讲授主动土压力和被动土压力时,要使学生明白挡墙不同位移状态下何为最大主应力及方向,何为最小主应力及方向,这样学生只要理解了极限平衡理论就能知道朗肯土压力的计算公式,而不必一味强调朗肯土压力计算公式的记忆,当条件有所改变时学生也能在公式上做相应的改动(如挡墙后填土存在超载时)。

在土压力计算中水土分算和水土合算也是学生在学习过程中遇到较为难以理解和判断的问题,其实质仍然是对有效应力原理的理解和应用问题,也是中国土力学界争议的一个焦点问题。《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002)中对土中有地下水但未形成渗流时,作用于支护结构的侧压力按下规定计算^[6]。

(1) 对砂土和粉土按水土分算原则计算。

(2) 对粘性土宜根据工程经验按水土分算或水

□ 执业资格制度

- 1 张福昌 建设类专业人才培养与执业资格制度关系研究
7 李杰 执业资格制度与应用型人才的培养
——以工程造价专业为例

□ 建设教育理论

- 11 王进 王冬梅 工程管理专业教育范式的转型策略
17 林大焯 辛塞波 中国“鲍扎”式建筑教育改革的思考
20 邱洪兴 冯健等 工程建设精英人才8年连贯制培养模式的探索
24 辛艺峰 建筑室内环境艺术设计的人才培养探讨
28 彭小芹 黄佳木 建立材料类专业创新型人才培养机制思考
31 刘昌明 从中国竞争国际工程承包市场历程谈国际工程管理人才的培养
35 张昌 郑万兵等 建筑环境与设备工程专业课程体系的研究与实践
41 邓志恒 熊莺等 英语和土木工程专业跨学科楔合式人才培养的课程体系研究
45 宁宝宽 陈四利等 土木工程专业应用型人才培养的课程体系研究

□ 建设管理

- 48 洪豆伟 姚安海等 基于城市发展的城市特色定位研究
52 倪茜 旧城更新过程中存在的主要问题与解决方案探析
57 杨华荣 工程项目管理中人力资源配置研究
62 罗丹 房地产广告投放策略分析
66 刘晓明 刍议房地产新闻宣传策略

□ 课程教学

- 70 谢群 胡伟 将概念设计融入高层建筑结构教学的必要性与方法
74 周同 赵景伟等 从基本能力的获取谈建筑设计基础教学内容改革
78 朱建群 高文华 土力学教学中几个基本概念的分析
83 钟小兵 毛文筠 论在钢筋混凝土课程教学中强化概念设计
88 许英 汪宏等 混凝土结构设计原理教学方法与教学手段探讨

思考。

参考文献:

- [1] 李广信. 土体、土骨架、土中应力及其他[J]. 岩土工程界, 2005, 8(7): 13 - 17.
- [2] J. K. Mitchell. Fundamentals of Soil Behavior[M]. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
- [3] 高大钊, 袁聚云. 土质学与土力学(第三版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
- [4] GB/T50279-98, 岩土工程基本术语标准[S].
- [5] 李广信. 有效应力原理能够推翻吗[J]. 岩土工程界, 2007, 10(7): 22 - 26.
- [6] GB 50330-2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [7] 王钊, 邹维列, 李广信. 挡土结构上的土压力和水压力[J]. 岩土力学, 2003, 24(2): 146 - 150.
- [8] 魏汝龙. 总应力法计算土压力的几个问题[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(6): 120 - 125.
- [9] 李广信. 基坑支护结构上水土压力的分算与合算[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(3): 348 - 352.
- [10] 沈珠江. 基于有效固结应力理论的粘土土压力公式[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(3): 353 - 356.
- [11] 陈仲颐, 周景星, 王洪瑾. 土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.

Exploitation and Practice of Several Conceptions in Soil Mechanics Course

ZHU Jian-qun, GAO Wen-hua

(Department of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: It is most important to make students understand and master some basic conceptions in renovation and implementation of Soil Mechanics course. So some conceptions are discussed and analyzed in order that students can solidify and deepen correlative knowledge, which may be helpful with their work and study in future.

Key words: soil mechanics; teaching practice; conception

(编辑 欧阳雪梅)