

土体结构状态分析方法及其教学实践

周远忠

(贵州师范大学材料与建筑工程学院, 贵州 贵阳 550014)

摘要:为了快速分析和判断土体的力学状态,以及解决实际工程问题的需要,文中将土体视为特殊的复杂系统,根据系统的结构与状态之间的内在联系,提出了结构状态分析方法。根据工程土体力学条件的变化及其对土体微观结构产生损伤的特点来分析土体的工程力学状态,预测土体工程力学行为。文中将土力学课程的教学方案设计成结构状态分析、教学组织和工程问题分析3个模块,并以贵州红粘土教学为例进行实践和探索,取得了良好的教学效果。

关键词:结构状态;系统;土力学;红粘土;教学实践

中图分类号:TU13;G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2012)01-0087-04

土力学是土木建筑类专业重要的专业基础课程,土力学知识在建筑、公路、铁路、市政等工程建设,地基处理,基础设计和工程边坡灾害防治等方面具有重要作用。由于土体内部的物质成分和结构特征十分复杂,土体存在较强的散体性、多相性、变异性和随机性,因此,只有根据土体微观结构力学状态之间的特殊关系,结合工程实际,才能快速、科学地分析和预测土体的工程力学状态,提出解决实际工程问题的具体措施。如何结合不同地区的工程条件和学校具体教学条件,探索科学的教学方法,设计合理的教学方案,培养学生探究性思维,引导学生对土力学工程问题进行探索性思考,对学生创新思维能力的培养和工程实践能力的提高具有重要的现实意义。

一、结构状态分析方法

(一)方法的提出

系统是“相互作用的多种元素的复合体”^[1],具有多元性、相关性、开放性和整体性等特点。系统可以无限大,也可以无限小,其内部结构(子系统)与状态之间具有特殊的对应关系^[2],这是“不变”之处;系统不断地与“环境”进行物质、信息、能量交换,其存在状态和运动形式也随之变化,这是随时在“变”之处。“变”是永恒不变的真理,“变”与“不变”的矛盾是事物向前发展、不断运动变化的根本原因^[3]。可见,系统特殊的物质结构对应着特殊的物质状态如力学状态,

收稿日期:2011-09-12

基金项目:贵州省教育厅自然科学基金资助项目(黔教科2007023)

作者简介:周远忠(1970-),男,贵州师范大学材料与建筑工程学院副教授,博士生,主要从事岩土工程、建筑工程等领域研究,(E-mail)monkey592@126.com。

这就是系统的结构状态原理。土体因岩石风化而成,是由土中固体颗粒、水和气体组成的多孔隙物质系统,具有不同于岩石的微观结构、物理力学性质和宏观材料功能。不同的系统有不同的内部物质组成和结构构造特点,系统的内部因素与外部因素共同作用使系统发生各种物质、能量、信息、状态变化并以各种特殊形式运动^[4]。土体微观结构特点与宏观力学状态之间存在特殊内在关系,土体的力学状态变化将对土体微观结构产生不同程度的影响。根据工程土体的力学条件变化及其对土体微观结构可能产生损伤的特点分析土体的工程力学状态,预测土体工程力学行为^[5],这就是土力学的结构状态原理。根据土力学的结构状态原理设计教学方案组织教学,形成土力学的结构状态教学方法。

(二) 教学方案设计

按照产、学、研一体化的教学改革思路,应用系统物质结构功能原理,以培养具有一定创新能力、较强工程技术应用能力的复合应用型土木工程专业人才为教学目标设计教学方案。教学方案包括结

构状态分析模块、教学组织模块和工程问题分析模块。

1. 结构状态分析模块

结构状态分析模块从地质成因、物质成分、微观结构、微观构造4个方面探寻土的物理性质、水理性、力学性质和剖面特性,进一步分析土的强度、变形等宏观工程物理力学特性,从而架起微观与宏观、物质结构与工程力学状态之间的桥梁。

2. 教学组织模块

教学组织模块把教学视为由教师与学生共同组成的系统,该系统受学校、社会等外部因素的影响。从教师、学生、外部环境等3个方面构建整体教学系统:教师系统包括理论教学、思维教学和实践教学等3个环节;学生系统由问题、听课,复习、总结,作业、讨论,现场参观,室内实验,工程分析等6个环节组成。整体教学系统将教与学、内部与外部、理论与实践、继承与创新结合,形成有机的教学组织模式,其最终目标是形成工程应用能力和创新能力,逻辑关系如图1所示。

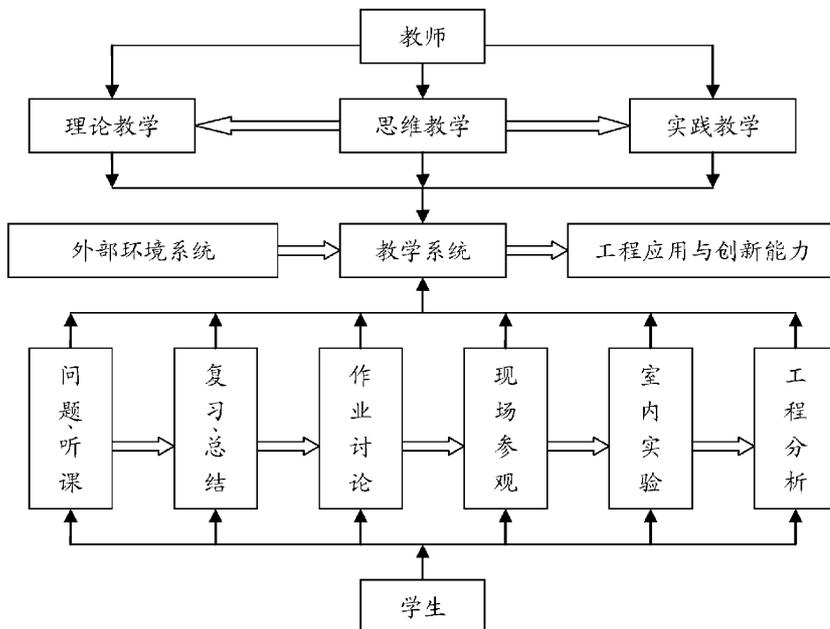


图1 教学组织模块逻辑关系图

3. 工程问题分析模块

工程问题分析模块总体上由定性分析和定量分析组成:定性分析包括地质力学分析、工程控制分析、系统科学分析、非线性分析、不确定分析和信息技术分析等6种定性分析思想和理论;定量分析包括室内试验、现场测试、模型试验、数值模拟、反演分析和智能计算等6种定量计算与分析方法。定性分析和定量分析都是围绕工程问题,按照工程勘察、问

题机理分析和解决工程问题的工程方案等4个环节展开。整体分析系统将定性分析与定量、勘察与设计、分析与计算、问题与方法结合,形成特殊的工程问题分析模式,其最终目标是形成解决勘察、设计、施工、管理等工程问题的工程方法。

工程问题分析模块重点培养学生的工程问题意识,包括对工程问题的发现、提出、分析和解决,因此,教师要有意识地引导学生把系统科学、非线性科

学、现代信息技术与计算机技术应用于工程研究、勘察、设计、施工和管理等方面。工程应用的目标是提出切实可行的工程方案,而提出方案的过程需要一个不断发现和分析问题的研究过程。在教学中要注意研究和应用的关系,创新与实践的结合,采用工程案例方式进行分析。

二、教学实践

以贵州红粘土教学实践为例,说明结构状态分析法在土力学教学中的具体应用。

(一) 教学方案

1. 红粘土结构状态分析模式

任何材料的物理力学性能都取决于其自身的成分、结构和构造特点。红粘土作为长期特殊地质过程的产物,有其特殊的物质组成成分、物理力学特点和宏观工程力学特性。红粘土是一个特殊物质系统,由系统的结构状态原理可知,结构状态和力学状态必然对应,即红粘土的宏观工程力学特性必然对应着特殊的微观结构模型,宏观工程力学特性反映微观结构特点,微观结构状态决定宏观工程力学状态,进而决定客观工程力学特性。把红粘土的物质成分和物理力学特性相结合,探索相应的微观结构模型,并由此分析和预测红粘土在相关工程条件下的宏观工程力学效应。

2. 红粘土教学组织形式

教学组织有两种形式:一是教师通过现场拍摄照片或录制课件进行室内理论讲解;二是先进行室内理论讲解,再组织学生现场参观和案例分析。理论讲解主要包括微观结构与抽象模型对比分析、微观结构与宏观构造对比分析和微观结构的宏观工程力学效应分析3部分内容。

其一,红粘土微观结构与抽象模型对比分析。将扫描电镜获得的红粘土微观结构图和红粘土“集粒”结构模型示意图进行对比,该模型将红粘土的微观骨架抽象为由若干个“集粒”组成,每个“集粒”由无数个不同形状的粘粒以不同连结方式聚集而成^[6],粘粒之间由结晶化的强结合水和无数细小的游离氧化铁以颗粒或膜的形式相联结,而“集粒”之间则是由强结合水和弱结合水粘结力、范德华力、相互间静电引力和胶体的胶结力共同作用联结,其中强结合水粘结力和胶体的胶结力占主导地位。“集粒”之间的连结力较“集粒”内部粘粒之间的连结力小得多;因此,“集粒”在外力作用和孔隙水压力等因

素作用下可以被分开并移动。

其二,红粘土微观结构与宏观构造对比分析。将现场拍摄的红粘土地区建筑工程深基坑开挖施工现场照片与红粘土微观结构对比,可以清楚地看到,红粘土地基颜色变化、软硬状态、基岩起伏等剖面特征和保证工程施工安全支护措施。教师通过微观结构分析、抽象结构的构建、现场图片展示等方式组织教学,使学生的思维实现从微观原因向宏观现象转变,以及从宏观现象的好奇与发现向微观本质的探究与总结转变,实现感性思维与理性思维的交替使用。这种思维的训练过程对学生工程应用能力和科研创新能力的培养具有很大的指导和促进作用。

其三,红粘土微观结构的宏观工程力学效应分析。由于粘粒表面带负电荷,能吸引带正电荷极性水分子,土中固体颗粒之间由水和铁质胶结物胶结而成。红粘土“集粒”内部结合牢固,相对一般同等含水量的粘性土(或软土)而言,强度较高,但压缩性较低,其变形破坏形式主要为“集粒”在外荷载作用下发生的塑性剪切滑移运动,而“集粒”本身一般并不被破坏。由于从上到下土中含水量逐渐增大,有效含铁量逐渐减小,故红粘土具有上硬下软的“反剖面”和“软基座”工程特性^[7-8]。

3. 红粘土工程问题分析模式

红粘土是工程性质特殊的区域性土,在实际教学工作开展之前,教师要精心研究教学内容和教学组织形式。比如工地现场教学,教师在教学前要了解学生的兴趣点、工地的具体位置、如何去工地,以及现场讲解等实际问题。在实际教学过程中,以问题引导式教学模式为好,如:红粘土深基坑中出现个别桩开挖很深都是稀泥,而相邻桩却只有几米深就见到岩石?为什么红粘土地上修建房屋采用浅基础时只要挖到“老底子土”就行了,不宜再深挖?为什么红粘土会出现与碎石土、粉土、砂土相反的上硬下软现象?为什么红粘土含水量那么高但承载力也那么高?红粘土地基的沉降量如何计算?在这些问题的提出与分析解答过程中渗透设计好的教学方案,让学生在解决红粘土工程问题的过程中感受大自然的奥妙和领悟具体问题具体分析、具体解决的哲学思想。

(二) 教学效果

教学实践证明,上述教学思路和教学方案符合贵州红粘土教学实际,学生对红粘土的微观结构和

工程特性理解深透,能够较好地处理红粘土的工程问题。文中提出的教学原理和方法已取得了一定实效,同时也对教师教学能力、科研创新能力、工程实践能力和综合管理能力要求较高。比如组织现场教学,教师不仅要与施工现场负责人员作好充分的专业教学准备和现场安全方面的沟通,而且要对学生做好安全教育,防止在施工现场发生安全事故的发生。

三、结语

结构状态原理是物质系统的客观规律,结构状态分析方法是物质系统内在规律中提炼出来的一种思维方法,其应用十分广泛。根据工程土体的力学条件变化及其对土体微观结构状态可能产生损伤的特点来分析土体的工程力学状态,预测土体工程力学行为,并将土力学课程的教学方案设计成结构状态分析、教学组织和工程问题分析等模块,以贵州红粘土教学为例进行实践和探索,取得良好教学效果。如何结合实际,将结构状态分析方法推广应用到其他学科的教学和科研工作中,取得更好的学习

和工作效果,是教学和科研工作中的一个非常值得探讨的问题。

参考文献:

- [1]许国志. 系统科学[M]. 上海:上海科技教育出版社, 2000.
- [2]许国志. 系统科学与工程研究[M]. 2版. 北京:科学出版社,2000.
- [3]吴今培,李学伟. 系统科学发展概论[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [4]李士勇. 非线性科学与复杂科学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业出版社,2006.
- [5]周远忠. 探究性思维及其在土力学教学中的应用[J]. 福建论坛,2008(10):201-202.
- [6]谭罗荣,孔令伟. 特殊岩土工程土质[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [7]廖义玲,朱立军. 贵州碳酸盐红土[M]. 贵阳:贵州人民出版社,2004.
- [8]《工程地质手册》编委会. 工程地质手册[M]. 第4版. 北京:中国建筑工业出版社,2010.

Analysis method and teaching practice of soil structure state

ZHOU Yuan-zhong

(College of Material and Construction Engineering, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, P. R. China)

Abstract: To quickly analyze and judge the mechanical state of soil and solve practical engineering problems, the soil was looked as a special complex system in the paper and the analysis method of soil structure state was proposed based on the intrinsic relationship between the structure and state. The paper analyzed engineering mechanics state of the soil and predicted the mechanical behavior of soil engineering based on characteristics of the engineering condition and its impact on soil micro-structure. The soil mechanics teaching program was designed by three modules, which are the analysis of structure-state, teaching organization, and engineering problem analysis. The practice of the teaching program was carried out in Guizhou red clay teaching and achieved a good teaching effect.

Keywords: structure state; system; soil mechanics; red clay; teaching practice

(编辑 詹燕平)