

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2013.06.011

岩土工程专业研究生岩体水力学课程教学改革思考

俞 缙,蔡燕燕,刘士雨,涂兵雄

(华侨大学 岩土工程研究所,福建 厦门 361021)

摘要:岩体水力学是一门课程新、内容广、实践性和前沿性强,具有重要学科地位的综合性交叉学科,是岩土工程专业研究生的重要专业课程。文章针对岩体水力学课程教学易出现的问题,如研究生学习兴趣不浓厚,专业基础知识薄弱,学校实验条件不理想和实践性教学环节不足,教师专业素养和学术水平有限等,探讨了岩土工程专业研究生岩体水力学课程的教学改革思路,结合自身教学实际情况,提出了岩体水力学课程的创新型教学内容及教学方法。

关键词:岩土工程专业;研究生;岩体水力学;交叉学科;教学改革

中图分类号:G642.0;TU45

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2013)06-0047-04

一、岩体水力学的学科地位

水利工程的渗流及控制、矿井的排水降压疏干、高放废物深地质处置、石油与地热能开发、油气储藏工程、地下水资源开发与利用等,都涉及岩体的水力学特性。系统和定量地研究地质力和工程力作用下,岩体与地下水的相互作用关系、地下水的运动规律、岩体与地下水力学耦合作用下岩体的变形及破坏规律,是工程实践和灾害预测及防治的迫切需求。岩体水力学作为一门颇具特色的综合性交叉学科,正是为了满足上述需要而新近发展起来的^[1]。它以水文地质学、工程地质学为基础,运用高等数学、流体力学、弹性力学、岩体力学等理论,建立岩体水力学模型来评价和预测岩体中地下水量、岩体渗透稳定性,以期准确地指导工程设计和施工,正确地进行地质灾害评价和预测。其涉及的学科门类和内容广泛,实践性强,在众多工程领域中具有重要的学科地位。

国际上把21世纪作为人类开发利用地下空间的年代,隧道及地下工程正蓬勃发展^[2]。岩土工程专业研究生是未来国家岩土与地下工程领域的高级人才,深入理解和掌握岩体水力学领域的相关理论知识、分析方法和技术非常必要。因此,各大院校纷纷在岩土工程专业研究生教学大纲中安排了岩体水力学课程。

二、岩体水力学课程教学存在的主要问题

(一)研究生对课程的学习兴趣不浓厚

“一天一门课,一周一学期”,体现了当今中国大学研究生期末的一个典型

收稿日期:2013-09-11

基金项目:国家自然科学基金(51109084,51374112)

作者简介:俞缙(1978-),男,华侨大学土木工程学院副教授,博士,主要从事岩石力学与地下工程方面的研究,(E-mail)bugyu0717@163.com。

场景。每学期的最后两周各门考试密集展开。一部分平时混沌度日的研究生,不得不突击学习以便应付考试,或者大段摘抄专业书籍和文献以应付课程论文,岩体水力学课程教学也不例外。因此,研究生毕业后被指缺乏专业技能,缺乏竞争力,就不足为怪了。抛开学习态度不端正、学习目标不明确等主观因素,造成此现象的一个关键原因,是教师没能充分调动研究生对岩体水力学的学习兴趣和热情。研究生的学习环境自由宽松,这样安排的初衷,是便于研究生将时间用在自己感兴趣的领域,增长自身知识,激发研究潜能。如果研究生教育阶段仍无法让学生感受到学习兴趣和乐趣,而是选择了用强制力逼迫或者听之任之的极端方式,这样做的效果是很不理想的。

(二) 研究生地质学基础知识薄弱

受不同院校、不同行业的影响,研究生在本科阶段的专业水平参差不齐,综合运用已有知识学习新知识以及解决实际问题的能力相差很大。水利、采矿、地质、石油类院校的本科教学环节,对水文地质学、工程地质学和岩石力学等地质类课程普遍比较重视,这也成为了这类高校在岩体工程专业研究生培养上的有利条件。然而,目前国内具备岩土工程专业研究生招生资格的高校,是以土木工程类院校为主。土木类院校以建筑工程为行业背景,以工业和民用建筑为主体研究对象,对水文地质、工程地质和岩体力学等课程重视不够是普遍存在的问题,甚至许多土木类高校本科阶段不开设岩体力学课程或作为选修课,岩土工程专业研究生也没有开设工程地质学课程^[3]。这导致大量的岩土工程专业研究生的地质学概念不清,严重影响他们对岩体水力学课程的学习质量,教师的教学效果和品质也受到很大的限制。

(三) 学校实验条件有限,课程的实践教学环节严重不足

岩体水力学教学除了对理论讲述环节要求高,对实践性教学环节的要求也很高。室内实验揭示岩石最基本和最普遍的水力学特性,在岩石水力学实践性教学中至关重要。诸如软化系数测定,孔隙率和渗透率测试,三轴应力条件下的渗透率变化测试等都是岩石水力学性质的基础实验。然而,大部分高校的现状是实验设备和实验场地严重不足^[4]。如最基本的带水渗或气渗功能的电液伺服岩石三轴试验机,国产的试验机在国内高校装备数量很有限,功能齐全的高精度进口试验机更是凤毛麟角。基本设备都不齐全,大尺寸设备和实验场地就更为缺乏了。这会使研究生对岩石水力学实验的认识停留在字面

理解上,很难真正掌握实验原理及数据处理技术。

(四) 教师专业素养和学术水平有限

具有较高的专业素养、学术水平、创新意识和能力的实践教师队伍是研究生创新人才培养的关键。由于岩体水力学课程较新,可选教材比传统课程少。除了专门从事岩石水力学研究的专业人士之外,大部分承担岩体水力学课程教学的任课教师都会遇到备课困难,知识点讲解不清等问题,在课程内容广度和深度的把握上也是拙襟见肘,很难达到研究生课程的教学效果和教学品质。

三、教学改革思路与措施

(一) 激发研究生的专业兴趣

岩体水力学牵涉的知识点众多且繁杂,在教学过程中,教师因为想把各知识点的概念尽量罗列齐全,不发生遗漏,从而讲授得过于理论化,使学生觉得听课十分乏味。人天生有好奇心,学习新知识、探寻未知世界本是奇妙而富有乐趣的。可以通过国家重点和大型岩石工程实例、国内外著名的工程灾害事件的现场照片、统计数据等资料,最大程度地调动研究生对岩体水力学课程的好奇心和探索欲望,从而提高学习兴趣。

结合岩石遭地下水渗流破坏造成的重大工程失事实例,如意大利 Vajont 水库左岸大滑坡、法国 Malpasset 双曲拱坝全坝溃坝、美国 Teton 土坝岩基段溃决^[5],以及英国 Woodhead 和 Bilbery 坝、美国 Francis 重力拱坝、意大利 Gleno 连拱坝、阿尔及利亚 Gabra 坝、西班牙 Ewga de Tera 支墩坝、法国 Bouzey 坝等失稳破坏事故,借助统计分析资料(如国际大坝委员会),从实例中强有力地体现岩体水力学性质对岩体强度和变形特性的巨大影响,突出研究的重要性。同时,让研究生充分了解这些事故,改变了工程界对岩体结构稳定性的传统认识,开辟了岩体水力学中众多新兴研究领域和方向,激发研究生的研究欲望,甚至可以培养研究生的科研责任感。

(二) 完善研究生地质学基础知识

为了弥补大部分研究生地质学基础知识薄弱的问题,在充分调动学生的求知欲之后,强调岩体水力学是一门以工程地质学、水文地质学为地质学主线,以流体力学、地下水动力学为水力学主线,以材料力学、结构力学、弹塑性力学、岩体力学为力学主线的综合学科。让研究生深刻体会岩体水力学的多学科交叉融合特点。

在课程讲述过程中,若遇到与地质学有关的知识,要注重基础,详细讲述,尽可能帮助研究生建立正确的水文地质学、工程地质学和岩体力学概念。如水文地质学中,溶穴、岩溶率、裂隙水和岩溶水、含

水层和隔水层、隔水顶底板、贮水系数、渗流、层流和紊流、水流折射定律、溶滤作用;工程地质学中的岩浆岩、沉积岩、变质岩、断层构造、水化作用、侵蚀作用、膨胀系数;岩体力学中的地下硐室、锚固与注浆、节理、充填与胶结、损伤与断裂、水力劈裂等基本专业术语,均需要详细讲解。注意强调岩体的各种地质构造、天然缺陷、高度非线性、各向异性、多尺度特点及不确定性特征,以及裂隙岩体中非达西流现象、岩石结构的宏、细观层次认识等难点问题,并且告知学生岩体水力学理论存在的问题。例如:对岩体中渗流描述,几乎完全照搬土体渗流学,即孔隙介质渗流学的方法及经验来解决,而裂隙岩体渗流还处在发展阶段,对单裂隙渗流的研究和认识较为成熟,但对裂隙网络情况以及非稳定渗流还有待深入探索。

(三)教学模式和方法改革,注重实验和现场调研等实践内容

和本科卓越工程师培养计划的要求不同,研究生教学的核心并不仅仅是让学生去掌握某一专业知识或某一种实验方法,而是要让学生学会发现问题和解决问题的思路、方法,培养研究生获取知识和创新的能力。一方面,围绕岩体水力学的基本概念、岩体渗流规律的地质分析、基础力学理论和力学参数、岩体水力学的工程应用展开,结合岩体水力学的地质分析方法、室内外试验方法、物理和数学模拟方法、系统综合分析方法,以教师的专题介绍和研究生的学习汇报结合形式,加强和学生的互动,增加学术思想的碰撞,启发和引导研究生深入理解科学问题。另一方面,除了为学生选择合适的教材之外,还要给出相关参考书目,如《岩石水力学与工程》(张有天著),《裂隙岩体水力学基础》(朱珍德、郭海庆著),《岩体水力学导论》(仵彦卿、张倬元著),《高等岩石力学》(周维垣著)等,并且鼓励学生广泛阅读学术期刊文章。

开展理论和实践的同步性教学改革。在岩体水力学课程的实践环节中,带领学生走进实验室,针对具体的实验仪器,讲解设备构成,让研究生亲自动手全程完成实验。贵重设备可能不宜人人使用,但可以请研究生全程观摩实验,并同专职实验员或博士生深入讨论和交流,鼓励学生撰写实验心得。采取物理实验与数值实验结合的教学模式^[6-8],把基于计算机仿真技术的软、硬件平台应用于岩石水力学教学中,拓宽传统实验教学中的实验对象,通过鼓励、指导学生自发设计模型进行数值仿真分析,开拓学生视野,激发学生的思维能力和创造性,有利于学生理解和掌握教学内容,同时也可以促进教学人员科研能力的提高,还能在一定程度上弥补部分实验

设备缺乏的不足。此外,还可以采用现场实地调研的实践性教学方式。厦门市地质和地理环境复杂多样,雨季频繁,构成了滑坡灾害易发的基本条件。根据厦门的工程地质条件,选择华侨大学附近的集美区后溪镇(2007年被确定为厦门市14处重要地质灾害地点之一)为调研场所,在由暴雨导致该地区边坡滑坡的灾害现场,讲解水力耦合作用下岩土体的变形和破坏规律,帮助学生更形象地理解岩体水力学的水力耦合基本理论。

当然,每一所高校,每一位教师的特点不同,必须根据本单位实际的软硬件条件,确立课程教学改革的具体方式,而不是盲目借鉴其他重点院校的教学模式。岩体水力学课程专业性较强,建议在研究生第一学年的下学期开设。

(四)结合教师科研项目,提升教学品质

近几年,华侨大学积极鼓励教师进行科学研究。岩土工程专业教师组建岩土力学与地下工程科研创新团队,承担了国家自然科学基金“深部裂隙岩体HM耦合作用下的声学特性及参数研究(批准号51109084)”、“卸荷作用下岩石渗透性与损伤协同演化规律及主被动式声学表征(批准号51374112)”,以及多项省部级、地厅级科研项目。教师在科学研究过程中,查阅大量文献资料,紧密跟踪国际和国内的研究前沿,时刻关注岩石水力学发展和最新的学术成果。通过不断努力,比较准确地把握到学术研究的发展方向,掌握了岩体水力学研究的一些新的实验和理论分析技术,对水力耦合作用下岩石的强度、变形、损伤破裂和渗透性演化特性,以及卸荷条件下岩石渗透性与损伤协同演化的宏细观表征等方面有了一定突破性认识,获得了岩体水力学的新知识,教师自身的综合素质也得到了一定提高。将科研体会和成果融入教学中,进一步提高教学的理论起点,深化教学内容,能够让课程教学跟上岩体水力学学科最新进展。

例如:结合笔者所在科研创新团队近期开展的渗透压-应力耦合作用下的岩石渗透率与变形关联性三轴试验研究^[9],以物理实验为基础,让研究生借助高性能计算机,利用PFC^{2D}颗粒流分析软件,建立符合室内砂岩渗透压-应力作用三轴试验的数值模型,定义流体域和流固耦合的控制方程,模拟岩石在不同围压和渗透压组合条件下三轴压缩试验。图1为不同时步试样孔隙压力分布情况,图2为微裂纹分布模拟和试验破坏结构照片,图3为不同渗透压下岩石渗透率云图。结合物理实验和数值仿真结果,和研究生一起讨论荷载和孔隙水压力共同作用下,岩石的宏观变形发展、细观裂纹发育、剪切带内

外应力状态、孔隙率特征、渗透率演化特性等。

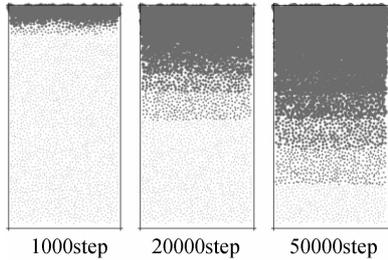


图1 不同步试样孔隙压力分布模拟

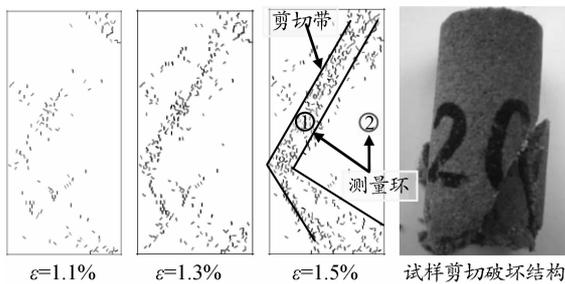


图2 微裂纹分布模拟和试验破坏结构照片

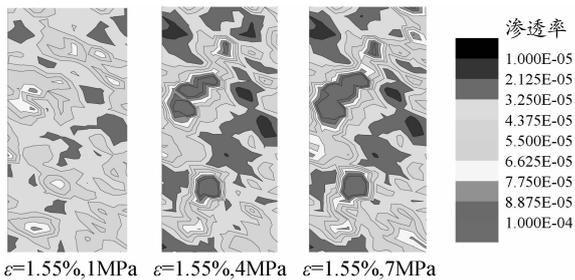


图3 不同渗透压下岩石渗透率云图

四、结语

岩体水力学是近年来各大高校逐渐开设的岩土工程专业硕士研究生专业课。此课程涉及多学科交叉内容,跨行业特色鲜明,因此,教学难度大,极富挑

战性。通过激发研究生的专业兴趣,完善研究生地质学基础知识的学习,在课程讲授时注重实验和现场调研等实践内容,结合教师科研项目开展教学工作,提高岩土工程专业研究生岩体水力学课程的教学品质,为培养具备解决复杂岩石力学问题的高层次合格人才和具有创新意识、创新能力的高技能人才奠定良好基础。

参考文献:

- [1] 仵彦卿,张伟元. 岩体水力学导论[M]. 成都:西南交通大学出版社,1995.
- [2] 王梦恕. 21世纪是隧道及地下空间大发展的年代[J]. 岩土工程界,2000,3(6):13-15.
- [3] 黄达. 岩土工程专业研究生工程地质教学探讨[J]. 高等建筑教育,2009,18(1):63-65.
- [4] 刘开云,乔春生,刘保国. 研究生岩石力学课程教学改革探讨[J]. 高等建筑教育,2010,19(3):79-82.
- [5] 张有天. 从岩石水力学观点看几个重大工程事故[J]. 水利学报,2003,34(5):1-10.
- [6] 朱万成,唐春安,梁正召,等. 应用数值试验方法,推进岩石力学实验的教学[J]. 力学与实践,2004(2):76-77.
- [7] 李连崇,梁正召,马天辉,等. 高性能计算技术在岩石力学课程教学中的应用[J]. 高等建筑教育,2010,19(1):126-130.
- [8] 陈建峰,许铁欧,俞松波,等. 岩石三轴压缩强度实验教学课程改革研究[J]. 高等建筑教育,2012,21(1):103-106.
- [9] 俞缙,李宏,陈旭,等. 渗透压-应力耦合作用下砂岩渗透率与变形关联性三轴试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2013,32(6):1203-1213.

Teaching reform of rock mass hydraulics for post-graduate students of geotechnical engineering specialty

YU Jin, CAI Yanyan, LIU Shiyu, TU Bingxiong

(Institute of Geotechnical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, P. R. China)

Abstract: In geotechnical engineering, rock mass hydraulic is a new comprehensive interdisciplinary with great importance for post-graduate students. During the teaching of this course, several major problems appear. For students, the problems are lack of study interest and weak in the fundamental professional knowledge. On the other hand, the problems such as poor laboratory condition, insufficient in practical teaching link and the limit of academic level and professional accomplishment of teachers also exist. Based on the above issues, combined with the personal teaching experience, this paper discusses general reform ideas for the rock mass hydraulics in geotechnical engineering, and proposes a creative teaching approach for this course.

Keywords: geotechnical engineering; post-graduate student; rock mass hydraulics; interdisciplinary; teaching reform