

基于工程教育认证的《土力学》课程教学实践

钱建固^{1,2}, 彭慧敏^{1,2}

(1. 同济大学 岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海 200092;

2. 同济大学 地下建筑与工程系, 上海 200092)

摘要: 在我国工程教育认证大规模开展的背景下, 为提升教学效果、加速工程师国际认证, 同济大学以《土力学》作为土木工程专业基础课的示范课程, 开展了一系列的教改实践。首先根据毕业要求指标点重构课程目标并进行支撑性分析; 再从课程目标出发实施改革举措, 即优化学时分配、构建“线上-线下-试验”三位一体教学模式、优化成绩评定标准; 最后以目标达成度为考核标准对教改效果进行评价。针对教改效果开展学生课程满意度问卷调查, 结果表明:《土力学》教改举措是有效的, 目标达成度作为考核标准具有科学性。此外, 对《土力学》教学的持续改进措施提出建议。

关键词: 工程教育认证; 土力学; 目标达成度; 慕课; 调查问卷

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2021)06-0193-05

Soil Mechanics Teaching Reform Practice Based on Engineering Education Accreditation

QIAN Jiangu^{1,2}, PENG Huimin^{1,2}

(1. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of the Ministry of Education, Shanghai 200092, China;

2. Department of Geotechnical Engineering, College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Under the background of the large-scale development of engineering education certification in China, in order to improve the teaching effects and accelerate the international certification of engineers, Tongji University has carried out a series of teaching reform practice with soil mechanics as the demonstration course of civil engineering specialty. Firstly, the curriculum objectives are reconstructed according to the graduation requirements and the supporting analysis is carried out. Then the reform measures are implemented from the curriculum goal, namely optimizing the allocation of school hours, constructing the trinity teaching mode of online offline experiment and optimizing the evaluation standard of achievement. Finally, the effects of teaching reform is evaluated by the target achievement degree. In addition, a questionnaire survey is carried out for students' curriculum satisfaction. The results show that the teaching reform measures of soil mechanics are effective, and the goal attainment as an assessment standard is scientific. Finally, suggestions for continuous improvement measures of soil mechanics teaching are proposed based on curriculum evaluation and questionnaire survey.

Keywords: engineering education accreditation; soil mechanics; target achievement; MOOC; questionnaire

工程教育认证是一种国际通行的工程教育质量保障制度,也是实现工程教育和工程师资格国际互认的重要基础。我国的工程教育认证工作开始于

2006年,是全国工程师制度改革工作的基础和重要组成部分。中国土木工程专业教育评估,是工程学士学位专业中第一个按照国际通行的专门职业性专

业认证制进行合格评估的专业,并率先获得国际承认。2016 年中国正式加入《华盛顿协议》以来,国际工程教育认证在国内实现了跨越式发展。截至 2019 年底,全国共有 241 所普通高等学校 21 个工科类 1 353 个专业通过了工程教育认证^[1-5]。

工程教育专业认证的核心理念是以学生为中心(Student Centered, SC)、以成果为导向(Outcome Based Education, OBE)、持续改进(Continuous Quality Improvement, CQI)^[3]。同济大学土木工程认证率先以《土力学》课程为示范课程开展了基于工程教育专业认证理念的专业课程教改实践。《土力学》课程教学目标是使学生建立对土的基本特性的感性认识,掌握土的有效应力原理,熟练运用土体变形及稳定的主要分析方法以及理论在工程实践中的应用,掌握扎实的《土力学》理论知识是从事土木类工程实践及岩土工程科学研究理应具备的专业能力。本课程教学改革以学生为中心,以培养目标和毕业要求为导向,基于《土力学》课程“基础性”、“时代性”、“实践性”的三大特点,逆向设计课程目标与教学内容,构建“线上-线下-实验”三位一体的教学模式、优化成绩评定标准。通过建立基于目标达成的课程考核机制与开展基于调查问卷的主体反馈环节来保障专业建设和教学质量的持续改进。

1 毕业要求指标点的支撑性分析

1.1 毕业要求指标点

毕业要求是对学生学习产出一般要求,指学生在毕业时应该具备的知识、能力、素质,包括工程知识、问题分析、设计/开发解决方案等共 12 条要求。针对土木工程专业的自身特点将毕业要求分解成若干指标点。毕业要求通过指标点分解落实到各门课程,其中,《土力学》课程对应的毕业要求及指标点如表 1 所示,学时分配如表 2 所示。

表 1 毕业要求指标点	
毕业要求	毕业要求指标点
1 工程知识	掌握力学、工程地质、工程材料、工程测绘、工程制图、计算机等工程科学的基础原理和方法。
2 问题分析	能将数学、自然科学、工程科学的知识、原理和方法用于土木工程专业复杂工程问题的识别与判断、表述与建模。
3 调查研究	能够科学采集、处理、分析和解释实验数据,通过信息综合得到合理有效的结论,并用于解释或解决土木工程复杂工程问题。

表 2 学时分配			
课程目标	知识单元	学时 (线上)	小计
1	绪论	4(2)	11
	土的物理性质与工程分类	7(2)	
2	土的渗透性	4(2)	49
	土中应力计算	9(4)	
	土的压缩性与沉降计算	8(4)	
	土的抗剪强度	7(2)	
	土压力计算	8(4)	
	土坡稳定分析	7(4)	
	地基承载力	8(4)	
3	含水量、液限试验、塑限试验	2	12
	颗粒分析试验	2	
	密度、固结试验	2	
	直剪试验	2	
	无侧限抗压强度试验	2	
	三轴压缩试验	2	

注:课程目标 1 和目标 2 学时包含线下课堂学时和在线 MOOC 学时,括号内为在线学时。

1.2 课程目标重构

结合同济大学土木工程专业的综合实力与生源质量,针对《土力学》主要教学内容,以毕业要求指标点为导向,重构了课程目标:

(1) 课程目标 1:熟练掌握土的基本物理性质与分类,能够根据土类别及物理指标,能够依据物理指标对土的工程性质优劣进行定性的评价,具备野外识别土的类别的初步能力。

(2) 课程目标 2:掌握饱和土的有效应力原理,熟练运用有效应力原理进行渗流计算、土中应力计算、地基沉降计算、抗剪强度分析、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力计算,能够对依据实际工况选取合理的力学参数进行地基沉降与强度分析,具有对地基应力的空间分布与沉降的随时间发展规律的合理性做出判断的能力。

(3) 课程目标 3:熟练常规土工试验的操作技能与试验数据的分析处理方法,能够依据施工快慢与土体类别选择合适的土工试验类别。

1.3 支撑性分析

根据内容分析各课程目标对毕业要求指标点的支撑性可知,课程目标 1 对指标点 1 具有支撑性,课程目标 2 对指标点 1 和指标点 2 具有支撑性,课程目标 3 对指标点 1、指标点 2、指标点 3 都具备支撑性。

2 教学改革举措

2.1 优化课时分配

根据每一课程目标的内容体量与重要性,结合土力学的教学内容优化学时分配。如表 2 所示,课程目标 1、目标 2、目标 3 分别对应 11 个、49 个、12 个学时。

2.2 构建全新“三位一体”教学模式

线上慕课平台的出现打破了《土力学》课堂的时空限制,为老师教学和学生自学提供便利。因此,《土力学》课程构建了全新的“线上-线下-实验”三位一体的教学模式^[6-7]。

《土力学》线上课堂在中国大学 MOOC 平台搭建,设有中英文课堂,包含四大功能模块:(1) 第一模块是课件以及授课视频,视频由专业性较强的老师录制以统一并保证授课质量,学生根据自身情况选择观看;(2) 第二模块为测试与作业,用以学生对学习效果的自测自评、查漏补缺、知识巩固;(3) 第三模块为考试区,用于老师对学生学习效果的考核;(4) 第四模块为讨论区,分为老师答疑区、课件交流区和综合讨论区。除了常规 MOOC 之外,个别班级还可根据需要开设 SPOC,即小型线上课堂,能实现上传文档、实时测验、课堂点名等功能。《土力学》实验课除包含 5 个常规土工试验外,还新添 2 个学时的在线虚拟仿真实验,演示三轴压缩试验的过程。

线下课堂传授《土力学》基础知识,打下坚实基础,线上课堂满足深层学习需求,增强自学能力,扩大了传统教学内容的疆界;试验环节培养动手能力,帮助理解土工原理。“三位一体”的全新教学模式弥补了旧模式的不足,全方位保证了学生学习效果。

2.3 优化成绩评定标准

课程成绩评定由平时表现(10%),课后作业(15%)、《土力学》实验(15%)和期末考试(60%)四部分组成,平时表现根据课堂学习、专题讨论(课堂)、自主学习(MOOC、SPOC)等进行综合评价。

3 基于目标达成度的课程考核

3.1 “目标达成度”的算法

以学生为中心的工程教育专业认证的根本目的,不是看教师教了什么,而是学生学会了什么。为量化考核与分析《土力学》教学改革的效果,促使课程教学“以成果为导向”进行持续改进,同济大学目前执行以“目标达成度”为指标的课程考核制度。在考核中以考核学生能力培养目标的达成为主要目

的,以检查学生对各知识点的掌握程度和应用能力为重要内容。《土力学》课程目标达成度评价包括课程分目标达成度评价和课程总目标达成度,计算方法如下:

$$R_i = \frac{a_i\mu_1A + b_i\mu_2B + c_i\mu_3C + d_i\mu_4D}{(a_i\mu_1 + b_i\mu_2 + c_i\mu_3 + d_i\mu_4) \times 100} \quad (1)$$

$$R_{\text{总}} = (\mu_1A + \mu_2B + \mu_3C + \mu_4D)/100 \quad (2)$$

式中: R_i ($i = 1, 2, 3$) 表示课程目标 i 的达成度; $R_{\text{总}}$ 表示课程总目标达成度;字母 A 、 B 、 C 、 D 分别表示考勤成绩、平时作业成绩、《土力学》试验成绩和期末考试成绩的得分,均采用百分制; μ_1 、 μ_2 、 μ_3 、 μ_4 表示考勤、平时作业、课内实验、期末考试在课程成绩中的比重; a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i ($i = 1, 2, 3$) 分别表示考勤成绩中对应课程目标 1、课程目标 2 和课程目标 3 的权重,其余符号意义类似,按照表 3 取值。

3.2 课程目标达成情况评价分析

2020 年—2021 年第一学期《土力学》共有 490 位学生修读,从同济大学教学管理系统中调取全体学生成绩记录,按照上述计算方法计算统计出课程目标达成度,分布如图 1 所示,目标达成度系数如表 3 所示。

表 3 目标达成度系数表

考核方式	比重	课程目标分项比重		
		课程目标 1	课程目标 2	课程目标 3
考勤成绩	0.10	0.40	0.30	0.30
平时作业	0.15	0.30	0.40	0.30
课内实验	0.15	0.10	0.10	0.80
期末考试	0.60	0.15	0.75	0.10

注:计算时已剔除缓考及重修人数,共计 465 人。

课程总目标达成度为 0.74,在 0.6~0.8 之间的学生占约 50%,0.8 以上的学生约 40%,说明学生学习成果已经满足工程教育认证的质量要求。本课程参加考试 465 人,其中 44 人未能达到课程目标,主要是未能及时参加阶段考试、期末考试成绩不及格造成的。

对比三个课程目标的达成度,课程目标 1、目标 2 及目标 3 分别为 0.78、0.69 及 0.81,学生对课程目标 1 和课程目标 3 的达成度水平相当,说明通过课程学生基本已建立起对土的感性认识,整体的实验操作技能与数据处理能力较强;相比较,课程目标 2 达成度相对较低,主要是由于考试卷面成绩较低所致,结合试卷得分明细分析发现学生在土的沉降计算原理、强度理论及其应用方面较为薄弱。比较三个课程目分配的学时与最终达成度发现,并不是

学时越多最终达成度就越高,教学内容的难度、教学的手段对学生学习成果影响很大。

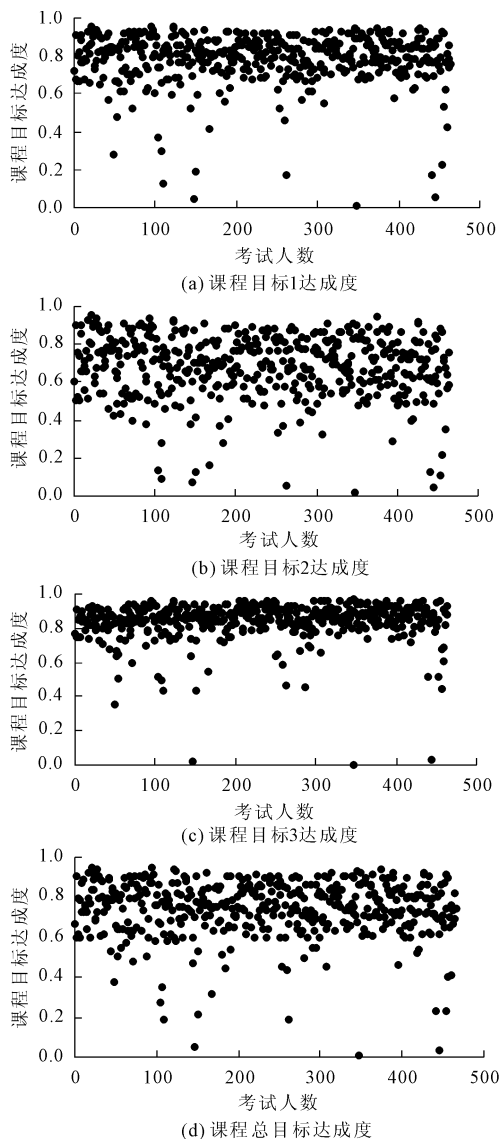


图1 课程目标达成度分布图

4 基于调查问卷的主体反馈

为检验“课程目标达成度”用以评估课程教学效果及问题反馈的合理性,作者针对课程教学改革后各教学环节中学生的学习状态和关心的问题设计调查问卷,以了解学生对教学效果的感受及其真实需求^[8-10]。调查采用匿名方式,收回有效问卷 58 份。反馈问卷质量较高,提供了比较详细的意见与建议。

对同学在《土力学》课程中掌握得最薄弱的章节展开调查。前三名均为课程目标 2 对应的内容,分别是第八章土的稳定分析(约 52%)、第五章土的压缩性与地基沉降(约 40%)以及第九章地基承载

力(约 35%),而课程目标 1 对应的“第一章土的物理性质与工程分类”只有 13% 的同学认为掌握得不好。对于目前《土力学》教学模块中最需要改进的部分,线上课堂模块高居第一,约占 45%,而实验教学环节仅占约 20%。这两条结果从主观角度显示出课程目标 1 和目标 3 完成度较高,课程目标 2 相对较低。与目标达成度的考核结果相吻合。

针对最需要改进的线上课程(MOOC)展开调查,结果如图 2 所示。对于在线上课程中的收获,约 45% 的同学表示“收获很大”,43% 的同学表示“收获一般”,只有约 10% 的同学表示“收获很少”。对于在线上平台自学时的认真程度,超过 50% 的同学表示“每次都会认真完成”,35% 的同学表示“偶尔会认真完成”,也有约 9% 表示“几乎没有认真完成”。调查结果说明学生在线上课程中能有所收获,但总体而言参与度与认真度还不够,慕课平台的内容需要做进一步调整。

对于《土力学》课程现有成绩考核标准是否合理,近 9 成学生认为“合理”。可见现有的考核模式是较为合理的,能全面考察学生的学习状态与学习成果。

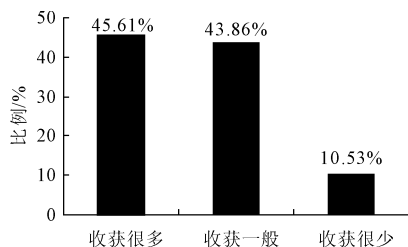


图2 线上课程收获

5 总结

(1) 同济大学《土力学》课程贯彻落实工程教育认证中“学生中心、产出导向、持续改进”的核心理念,通过重构课程目标,深化建设教学内容、构建全新“三位一体”教学模式来进行教学改革,并以目标达成度为标准考核课程教学效果。

(2) 调查问卷的结果一定程度上检验了课程目标达成度对课程教学反馈的合理性。同时,课程考核结果与调查问卷结果综合主客观两方面显示:教学改革后课程目标均达标,学生对教学效果评价较高,总体来说教学改革成效显著,但课程目标 2 相对有较大提升空间。

(3) 今后需通过重点改进线上课程来提升课程目标 2 的达成度。MOOC 的选课人数有逐年下降的

趋势,究其原因,是目前 MOOC 板块不够吸引人、互动性不强、反馈性不足。因此,首先要精简化内容,降低与线下授课和课后作业的重复性,避免引起学生的厌烦情绪。其次要多元化,比如添加管涌、滑坡等视频激发学生观看兴趣;增加学习难度大的升级模块,如针对性的论文^[11-12],满足学有余力的学生的需求;上传土工实验演示视频以供学生课前预习等。另外,慕课内容发布要力求与线下授课进度同步,保证学生学习的连贯性,起到两相辅助、提高效率的效果。

(4) 线下教学有进一步提升空间。需要完善实验教学体系,多采用启发式、提问式教学方式,不要“填鸭式”灌输实验操作,要引导学生思考试验每一步骤背后的原理,多让学生自己设计试验、动手做实验。线下课堂中要针对知识薄弱章节加强讲解,尤其是土的变形及强度的基本原理与问题分析,有必要增加习题练习以提升学生对《土力学》问题进行计算分析的能力。

参考文献:

[1] 周红坊,朱正伟,李茂国. 工程教育认证的发展与创新及其对我国工程教育的启示——2016 年工程教育认证国际研讨会综述[J]. 中国大学教学,2017(1):88-95.

[2] 王金旭,朱正伟,李茂国. 成果导向:从认证理念到教学模式[J]. 中国大学教学,2017(6):77-82.

[3] 孙 晶,张 伟,任宗金,等. 工程教育专业认证毕业要求达成度的成果导向评价[J]. 清华大学教育研究,2017,38(4):117-124.

[4] 向定汉,陈国华. 基于工程认证的材料科学与工程专业“生产实习”教学质量评价的研究与实践[J]. 高教学刊,2021,7(12):101-104.

[5] 赵 静,魏天路,李 培,等. 基于工程教育认证 OBE 理念的工程力学课程教学[J]. 武汉轻工大学学报,2021,40(2):104-107.

[6] 陈金刚,毛陆原. 慕课环境下混合式教学研究与实践[J]. 黄河科技学院学报,2021,23(5):90-93.

[7] 陈志雄,卢 黎,卢 谅. 土力学基于慕课的翻转课堂教学模式探析[J]. 高等建筑教育,2018,27(2):64-67.

[8] 梁发云,王 琛,钱建固. 岩土工程全过程课程设计教学改革探索与实践[J]. 高等建筑教育,2019,28(6):70-76.

[9] 廖红建,郝东瑞,熊甜甜. 加强创新人才培养的土力学实践环节教学法研究[J]. 高等建筑教育,2017,26(1):144-147.

[10] 高 磊,龚云皓,宋涵韬. 土力学实验教学中存在的问题与改革建议[J]. 实验技术与管理,2017,34(7):200-202,206.

[11] 孙小平. 盐渍土试验研究进展与相关问题探讨[J]. 水利与建筑工程学报,2018,16(5):147-152.

[12] 张继周,王华敬,刘福胜,等. 挡土墙侧向土压力中外确定标准的对比分析[J]. 水利与建筑工程学报,2017,15(4):48-52,100.



(上接第 123 页)

[9] 顾功开,徐栋栋,李 德. 乌东德水电站水工闸门动力安全评价[J]. 人民长江,2020,51(3):136-142.

[10] 张雪才,陈丽晔,姚宏超,等. 弧形闸门支臂结构空间有限元分析原则研究[J]. 水力发电,2021,47(7):73-82.

[11] 机械产品结构有限元力学分析通用规则:GB/T 33582—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[12] 司红云,陈 蕾. 基于有限元的闸门变形计算分析研究[J]. 水利与建筑工程学报,2010,8(5):73-74.

[13] 丁俊丰,翁光远,张煜敏,等. 考虑水流耦合效应的弧形闸门结构自振特性[J]. 水利与建筑工程学报,2021,19(4):93-98,137.

[14] 水利水电工程钢闸门设计规范:SL 74—2019[S]. 北京:中国水利水电出版社,2019.

[15] 水电工程钢闸门设计规范:NB 35055—2015[S]. 北京:中国电力出版社,2016.

[16] 张雪才,陈丽晔,王正中. 水工弧形闸门结构的 APDL 建模方法[J]. 图学学报,2021,42(2):271-278.

[17] 水利水电工程金属结构报废标准:SL 226—1998[S]. 北京:中国水利水电出版社,1998.

[18] 张雪才,王正中,李宝辉,等. 弧形闸门闸坝一体化静动力分析及安全评价[J]. 长江科学院院报,2017,34(7):116-120,131.

[19] 钢结构设计标准:GB 50017—2017[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.

[20] 水利水电工程钢闸门设计规范:SL 74—95[S]. 北京:中国水利水电出版社,1995.