

# 基于学生工程思维能力培养的集中交叉式 土力学试验教学研究

——以液塑限联合测定试验为例

雷真, 罗煜民, 张赛, 罗涓, 马慧, 王恩茂

云南大学建筑与规划学院, 云南 昆明

收稿日期: 2022年12月1日; 录用日期: 2023年1月9日; 发布日期: 2023年1月16日

## 摘要

土力学作为土木工程专业的专业基础课程, 工程实践背景对理论知识的掌握至关重要。土力学试验作为土力学教学的重要环节, 对于提高学生的工程实践能力和动手能力有很大的帮助。本文分析了传统土力学试验教学方式存在的问题并提出基于学生创新能力的集中交叉式教学方式。教学改革结果表明: 新的教学模式提高了教学质量, 增强了学生的工程实践技术, 有助于培养学生的工程思维能力。

## 关键词

土力学试验, 教学改革, 液塑限联合测定法

# Research on Centralized Cross Soil Mechanics Experiment Teaching Based on the Cultivation of Students' Engineering Thinking Ability

—Taking the Test of Joint Determination of Liquid-Plastic Limit as an  
Example

Zhen Lei, Yumin Luo, Sai Zhang, Juan Luo, Hui Ma, Enmao Wang

School of Architecture and Planning, Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: Dec. 1<sup>st</sup>, 2022; accepted: Jan. 9<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 16<sup>th</sup>, 2023

文章引用: 雷真, 罗煜民, 张赛, 罗涓, 马慧, 王恩茂. 基于学生工程思维能力培养的集中交叉式土力学试验教学研究[J]. 创新教育研究, 2023, 11(1): 35-41. DOI: 10.12677/ces.2023.111007

## Abstract

Soil mechanics as a professional basic course of civil engineering, engineering practice background is very important to master theoretical knowledge. As an important part of soil mechanics teaching, soil mechanics experiment is of great help to improve students' engineering practice ability and practical ability. This paper analyzes the problems existing in the traditional soil mechanics experiment teaching method and puts forward the centralized-crossed teaching method based on students' innovative ability. The teaching reform results show that: the new teaching mode improves the teaching quality, enhances the students' engineering practice technology, and helps to cultivate students' engineering thinking ability.

## Keywords

Soil Mechanics Experiment, Teaching Reform, Liquid-Plastic Limit Combined Method

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着社会的飞速发展,企事业单位对高校土木工程专业学生毕业生的能力要求也越来越高。不仅要求学生要有扎实的理论知识,更要求有较强的动手实践能力和创新能力。但是,传统的拆分式土力学试验教学形式难以适应当前社会对人才培养的要求,如何调整实验课程教学内容,改革试验课程的教学方式,培养学生的创新能力和动手实践能力,成为许多高校迫切需要解决的问题[1]。

土力学是一门研究土的基本物理性质和力学性质及其在实际工程应用原理的一门学科,是土木工程专业的核心专业课。课程包括土力学理论和土力学试验两大部分内容,以强化学生工程伦理,为国家培养使命担当、品德优秀的土木工程人才为目标,其任务是使学生掌握土力学的基本原理,培养学生的科学素养和创新思维能力。在土力学教学过程中,重视土力学试验教学环节,是增强学生理解和掌握理论知识、提高学生动手实践、工程思维及创新能力的重要方式。

## 2. 拆分式土力学试验弊端分析

### 1) 教学与工程实践脱节,学生参与意识薄弱

在拆分式常规土工教学中,所用的土样都是相关人员随机准备的,并没有与某一个实践项目相关联。在试验中只是强调相关指标的测定方法,从而割裂了各试验之间的关系。学生无法理解试验的目的与意义,学生只是为了做试验而试验,参与意识淡薄也不知道试验结果在实践工程项目中的真正用处。

### 2) 不利于学生对各指标关系的认识与思考

由于每次试验的土样都是随机取的,可能取土地点和取土时间均不同。因此所测出的指标并不是同一土样的,无法对各指标的关系进行分析,从而也不利于学生对指标的理解。

### 3) 教学效率低下

由于有些试验项目过程中需要大量的等待时间,例如含水量试验需要8小时以上的恒温烘箱干燥时间,固结试验每一级荷载加载1小时后再加载下一级,这些过程会因为等待而浪费大量的等待时间,从

而导致教学效率低下。

### 3. 集中交叉式试验教学模式的改革要点

集中交叉式试验教学模式的改革主要体现在以下两个方面：

其一，学生试验中所用的土样均取自于近期本地或周边某一具体工程项目，并且明确告诉学生，试验所采用的土样为某一工程的地基土，使试验教学更加贴合实际，引起学生的重视。

其二，把常规土工试验作为综合性试验开设，试验时间集中在双休日的 48 小时内，把各小试验项目通过合理穿插、交叉、充分利用各小试验项目过程中的“等待时间”，以达到节省时间、提高教学效果的目的。如在液塑限联合测定中可以进行直接剪切试验、密度试验、土粒相对密度试验等。

## 4. 实施过程描述

### 4.1. 工程案例



Figure 1. Earthquake center house damage map  
图 1. 地震中心房屋破坏图



Figure 2. Aerial view of earthquake area  
图 2. 地震区鸟瞰图

1964 年日本新潟县南方近海 40 km 发生 7.5 级大地震，并引发严重的土壤液化现象。这是日本与世界地震史上第一个以严重土壤液化灾害闻名的地震。当时的楼房考虑了抗震，没有因地震而坍塌，但很多建筑却出现了整体倾斜，有些虽然没有完全倾倒，倾斜度却超过了  $60^\circ$ ，导致房屋破坏(见图 1)，破坏特点是房屋整体结构完好，但是地基强度不足引起倒塌。事故主要原因是砂土液化，即在地震的振动作

用下细砂土突然破坏而呈现液态的现象，使得地基土体变成一盘散沙，从而地基土强度不足而导致的破坏[2]。

2008年5月12日14时，我国四川汶川、北川境内发生8级强烈地震，最大烈度11度。汶川地震是新中国建立以来波及范围最大、破坏性最强的一次地震，其强度、烈度都超过了1976年的唐山大地震。中国地震局工程力学研究所岩土室研究人员考察结果表明，此次大地震的液化分布范围也是建国以来最广的一次，调查确认有118个液化场地和液化带，涉及10万平方公里的区域(见图2)。砂砾石液化现象分布广泛是引起此次事故伤亡惨重的重要原因之一[3]。

## 4.2. 分析原因

以上案例可看出，在地震的震动作用下细砂土突然破坏而呈现液态的现象，由于孔隙水压力上升，有效应力减小所导致的砂土从固态到液态的变化现象。砂土液化现象的出现，引起地基土体的强度严重不足从而导致破坏的发生。

## 4.3. 实验演示

### 4.3.1. 实验装置

光电式液限、塑限联合测定仪(见图3)，由装有透明光学微分尺的圆锥仪、电磁铁、显示屏、控制开关和试样杯组成。圆锥质量76g，锥角30度，光学微分尺精确分度为0.1mm。试样杯：内径不小于40mm，杯高不小于30mm。



Figure 3. Liquid limit and plastic limit joint tester  
图3. 液限、塑限联合测定仪

### 4.3.2. 实验操作

- 1) 将已制备好的土样取出，放在搪瓷碗中加水或电风吹干并调匀后，密实地装入试样杯中(土中不能有孔洞)，高出试样杯口的余土，用刮土刀刮平，随即将试样杯放在升降底座上。
- 2) 接通电源，按下“开”按钮，把装有透明光学微分尺的圆锥仪，在锥体上抹以薄层凡士林，使电磁铁吸稳固锥仪。并使光学微分尺垂直于光轴(可从屏幕上观察，刻度线清晰，并在屏幕居中位置)。
- 3) 调节零点，使读数屏幕上的零线与光学微分尺影像零线重合，按下“手”按钮，使仪器处于备用状态。
- 4) 转动升降座，待试样杯上升到土面刚好与圆锥仪锥尖接触时，“接触”蓝灯亮，按“放”按钮，圆锥仪自由下落，历时5秒，当音响讯号自动发出声响时，立即从读数屏幕上读出圆锥仪下沉深度。
- 5) 把升降座降下，细心取出试样杯，剔除锥尖处含有凡士林的土，取出锥体附近的试样不少于10g

放入称量铝盒内，称量得质量  $m$ ，并记下盒号，测定含水率。

6) 将称量过的铝盒，放入烘箱；在  $105^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$  的温度下烘至恒量，取出土样盒放入玻璃干燥皿内冷却，称干土的质量  $m_2$ 。

7) 重复 1~6 条的步骤，测试另二种含水率土样的圆锥入土深度和含水率。

数据测定记录表见表 1。

**Table 1.** Liquid plastic limit combined determination record table

**表 1.** 液塑限联合测定记录表

试样编号					
圆锥下沉深度(mm)					
盒号					
盒质量(g)					
盒 + 湿土质量(g)					
盒 + 干土质量(g)					
湿土质量(g)					
干土质量(g)					
水的质量(g)					
含水率(%)					
平均含水率(%)					
液限 $W_L$ (%)					
塑限 $W_P$ (%)					
塑性指数 $I_p$					
液性指数 $I_L$					
土的分类					

#### 4.3.3. 数据处理

含水率计算：

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}$$

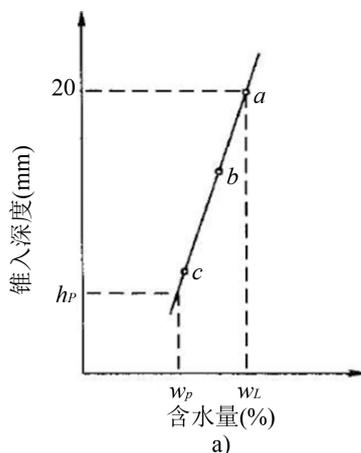
式中： $\omega$  为圆锥入土任意深度下试样的含水率(%)， $m_1$  为湿土样及盒质量(g)， $m_2$  为干土样及盒质量(g)， $m_0$  为盒质量(g)。

在双对数坐标纸上，以含水率  $w$  为横坐标，锥入深度  $h$  为纵坐标，点绘  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点含水率的  $h-w$  图，连此三点，应呈一条直线(见图 4)。如三点不在同一直线上，要通过高含水率的一点与其余两点连两根直线，在圆锥入土深度为 2 mm 查出得相应的两个含水率，如果两个含水率的差值小于 2%，用该两含水率的平均值与高含水率测点做直线。若含水率差值大于或者等于 2%，应该补点或重新试验。

在含水率与圆锥下沉深度的关系图上查得下沉深度为 17 mm 对应的含水率为液限，查得下沉深度为 2 mm 对应的含水率为塑限。

试验时间均集中在周末的 48 小时内，学生需要完成常规指标的测定。在液塑限联合测定试验中利用烘烤的等待时间，可将土的密度试验穿插在其中，在液塑限联合测定试验中即可完成土的密度的测定。学生在课后完成试验数据的整理、分析并出具一份完整满足要求的土力学试验报告，如在过程中有任何

问题同学之间，小组之间可以相互讨论解决。



**Figure 4.** Relation diagram of cone depth and moisture content  
**图 4.** 锥入深度与含水率关系图

在试验集中时间，学生完成教学指定试验后可以根据自己的兴趣，结合大学科技项目及老师的科研项目，进行开放型、综合型试验。学生自己搜集相关试验资料信息并制定试验方案和试验步骤，经指导老师确认后即可在相应时间内进行试验。学生可单独完成一个试验，也可以由多人自由组合，使小组中每个同学都有机会自己动手操作[4]。将教学与科研相结合，一方使课堂教学以课外自我锻炼结合起来，把学生的业余时间利用起来，让学生从被动学习到主动学习，提高了学生的学习积极性；另一方面，培养了学生综合分析问题、解决问题的能力，更有效的激活了学生的工程思维及创新精神。

## 5. 教学效果分析与评价

针对实际工程项目事故，找出事故发生原因，并将相关涉及到的理论知识与实验知识点结合起来。在本案例中，以液塑限联合测定试验为主导试验，结合含水率测试、土的分类，将若干个试验部分穿插起来。不仅提高了教学效率，同时大大增强了知识点的连贯性。

### 5.1. 教学效果

自从实施集中交叉式土力学试验教学以来，在提升土力学试验教学质量、增强学生动手实践能力、培养积极的学习态度方面均取得了良好的成效[5]。在集中交叉土工试验教学模式下，以实践为主，按照以学生为主体。学生能通过试验环节学以致用，充分调动了学生学习土力学课程及参加土工试验的积极性。学生从被动式学习变为主动式学习，在很大程度上提高了土力学课堂教学及试验教学效果，增强了学生工程实践能力和创新能力。在集中交叉土工试验教学模式下，学生能够参与到试验的全过程包括试验前准备阶段、试验阶段、试验后数据处理分析阶段。在整个全过程中，能够让学生分析试验现象，发现问题，解决问题，提升学习兴趣。

### 5.2. 评价分析

在传统的试验教学中引入工程实际案例，以“实践为主，按照以学生为主体，以工作任务过程为导向，以创新能力培养为本位”的原则采用集中交叉方式，设计实验教学环节，积极主动地将工程项目融入至土工试验教学中，提高土工试验教学质量，增强工程实践能力、拓宽就业面[6]。在整个实践教学的过程中，学生的工程意识得到提升，一定程度上培养了学生的科研素质，为培养创新型人才打下了良好

的基础。

## 6. 总结

为了更好地适应社会对土木工程专业人才的需求,培养学生的实践能力和工程思维,学校对该课程的教学方式进行改革,采用集中交叉式的教学方法并且取得了一定的成效。这种教学方式,一方面增强了学生工程实践能力和提高了学生的学习积极性;另一方面,加深学生对工程指标的认识和了解,增强学生的工程思维[7]。

## 基金项目

云南大学教育教学改革研究项目(2021Y37)。

## 参考文献

- [1] 付贵海, 邓宗伟, 周斌, 等. 基于学生创新能力培养的土工实验教学改革[J]. 中国冶金教育, 2013(3): 60-61.
- [2] 湖北地震学会. 隐形的地震杀手——砂土液化[EB/OL]. <http://www.eqhb.gov.cn/info/1281/15928.htm>, 2018-10-26.
- [3] 搜狐网. [2008-2022]汶川大地震, 我们不曾忘记[EB/OL]. [https://www.sohu.com/a/546401915\\_121123998](https://www.sohu.com/a/546401915_121123998), 2022-05-12.
- [4] 朱银红, 迟国东, 刘宝臣, 等. 改革教学方法激发学生兴趣培养学生实践能力[J]. 高教论坛, 2008(2): 71-72, 78.
- [5] 刘晓红, 刘正夫. 集中交叉式常规土工试验教学模式与成效[J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2017, 30(4): 80-83.
- [6] 戴俊涛, 刘秋燕, 赵莉, 等. 新阶段土力学实验教学改革探索[J]. 淮南职业技术学院学报, 2017, 17(2): 70-71.
- [7] 吴兴征, 方有亮, 余莉, 等. 土工试验教学中如何培养学生的不确定性思维[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(3): 122-130.