

《结构有限元》课程教学大纲

一、课程信息

课程名称：结构有限元

Structural Finite Element

课程代码：09911262

课程类别：专业拓展平台课程/选修课

适用专业：道路桥梁与渡河工程专业

课程学时：36学时

课程学分：1.5学分

修读学期：第6学期

先修课程：高等数学A(I)、高等数学A(II)、线性代数、理论力学、材料力学、
结构力学、工程弹性力学

二、课程目标

(一) 具体目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

课程目标1：通过本课程的学习，使学生在材料力、工程弹性力学等课程基础上进一步掌握结构有限元的基本概念、基本原理和基本方法。【支撑毕业要求5.1】

课程目标2：通过本课程的学习，培养学生熟练运用结构有限元的基本原理和基本方法解决实际工程结构问题，并能够运用有限元分析软件进行结构分析。【支撑毕业要求5.2】

(二) 课程目标与毕业要求的对应关系

表1 课程目标与毕业要求的对应关系

课程目标	支撑的毕业要求	支撑的毕业要求指标点
课程目标1	5.使用现代工具:能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。	5.1 能够针对复杂道路桥梁与渡河工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。
课程目标2	5.使用现代工具:能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。	5.2 能够对复杂工程问题进行预测与模拟，并理解其局限性。

三、课程内容

(一) 课程内容与课程目标的关系

表2 课程内容与课程目标的关系

课程内容	教学方法	支撑的课程目标	学时安排
第一章 绪论	讲授法	课程目标 1、2	2
第二章 弹性力学基本理论	讲授法	课程目标 1、2	4
第三章 平面问题的有限元	讲授法	课程目标 1、2	10
第四章 杆件系统有限元法	讲授法	课程目标 1、2	6
第五章 空间问题与板壳单元	讲授法	课程目标 1、2	6
第六章 ANSYS 软件的使用	讲授法	课程目标 1、2	8
合计			36 学时

(二) 具体内容

第一章 绪论

【学习目标】

- 1.了解有限元及有限元软件的发展状态和发展趋势；
- 2.掌握有限元的基本概念和基本原理；
- 3.掌握有限元法的基本步骤。

【学习内容】

- 1.有限元的基本概念；
- 2.有限元法的原理；
- 3.有限元法的基本步骤；
- 4.有限元的发展状况。

【学习重点】

- 1.有限元法的概念；
- 2.有限元法的原理；
- 3.有限元法的基本步骤。

【学习难点】

- 1.有限元法的原理；

2.有限元法的基本步骤。

第二章 弹性力学基本理论

【学习目标】

- 1.熟悉弹性力学的基本假定；
- 2.掌握弹性力学平面应力问题；
- 3.掌握弹性力学平面应变问题；
- 4.掌握边界条件及圣维南原理。

【学习内容】

- 1.弹性力学的基本假定；
- 2.平面应力和平面应变问题；
- 3.平衡微分方程、几何方程、物理方程；
- 4.边界条件及圣维南原理。

【学习重点】

- 1.平面应力和平面应变问题；
- 2.平衡微分方程、几何方程、物理方程；
- 3.边界条件。

【学习难点】

- 1.平面应力和平面应变问题；
- 2.边界条件及圣维南原理。

第三章 平面问题的有限元

【学习目标】

- 1.熟练掌握三角形单元的分析方法；
- 2.掌握四边形单元的分析方法；
- 3.掌握平面等参元的分析方法。

【学习内容】

- 1.三角形单元；
- 2.矩形单元；
- 3.平面等参元。

【学习重点】

- 1.整体刚度矩阵的计算；
- 2.节点荷载的计算；
- 3.边界条件；
- 4.单元位移、应变、应力的计算。

【学习难点】

- 1.整体刚度矩阵的组装；
- 2.节点荷载的计算；
- 3.边界条件。

第四章 杆件系统有限元法

【学习目标】

- 1.掌握平面及空间桁架结构的有限元计算方法；
- 2.掌握平面及空间刚架结构的有限元计算方法。

【学习内容】

- 1.桁架单元和刚架单元；
- 2.桁架结构和刚架结构的整体刚度矩阵计算；
- 3.桁架单元和刚架单元的转换矩阵；
- 4.桁架结构和刚架结构的内力计算。

【学习重点】

- 1.整体坐标系下的单元刚度矩阵。
- 2.单元转换矩阵。
- 3.结构整体刚度矩阵的组装。
- 4.有限元法计算结构的内力。

【学习难点】

- 1.桁架结构和刚架结构的整体刚度矩阵计算。
- 2.桁架结构和刚架结构的内力计算。

第五章 空间问题与板壳单元

【学习目标】

- 1.掌握空间轴对称问题的有限元分析方法。
- 2.掌握板壳单元的有限元分析方法。

3.掌握常用体单元的有限元分析方法。

【学习内容】

- 1.空间轴对称问题；
- 2.板壳单元；
- 3.常用体单元。

【学习重点】

- 1.空间轴对称问题的单元应变和应力的计算；
- 2.四面体单元的应变和应力计算；
- 3.板壳单元的应变和应力计算。

【学习难点】

- 1.板壳单元刚度矩阵的计算；
- 2.四面体单元刚度矩阵的计算；
- 3.板壳单元刚度矩阵的计算。

第六章 ANSYS 软件的使用

【学习目标】

- 1.熟悉使用 ANSYS 软件建立结构的有限元模型；
- 2.掌握 ANSYS 软件求解结构荷载效应的方法和步骤。

【学习内容】

- 1.ANSYS 软件的单元介绍和建模方法；
- 2.模型网格划分的基本原则和方法；
- 3.结构静力分析；
- 4.结构模态分析；
- 5.结构稳定性分析。

【学习重点】

- 1.不同类型单元的使用方法及结构建模方法；
- 2.结构静力分析的步骤和求解；
- 3.结构动力分析的步骤；
- 4.结构屈曲分析的步骤。

【学习难点】

- 1.结构动力分析方法；
- 2.结构稳定性分析方法。

四、教学方法

讲授法。

五、课程考核

考核方式：课堂考勤、平时作业、课堂讨论、阶段性测试。

本课程为考查课，考查方式由课堂考勤（ a_1 ）、平时作业（ a_2 ）、课堂讨论（ a_3 ）、阶段性测试（ a_4 ）四部分构成，所占的权重分别为 $a_1=10\%$ 、 $a_2=20\%$ 、 $a_3=40\%$ 、 $a_4=30\%$ 。

课程总成绩（100%）=课堂考勤（ a_1 ）+平时作业（ a_2 ）+课堂讨论（ a_3 ）+阶段性测试（ a_4 ）

表 3 各考核环节建议值及考核细则

课程成绩构成及比例	考核方式	目标值	评价细则	对应课程目标
课堂考勤 a_1	随堂点名	100	教师随堂点名，每学期点名三次以上，根据学生出勤情况作为课堂考勤成绩。	课程目标 1, 2
平时作业 a_2	课程作业	100	每次作业单独评分，取平均分作为平时作业成绩。	课程目标 1, 2
课堂讨论 a_3	课堂讨论	100	课堂讨论单独评分，取平均分作为平时作业成绩。	课程目标 1, 2
阶段性测试 a_4	随堂测验	100	卷面成绩 100 分。题型以选择题、判断题、作图题、计算题为主。	课程目标 1, 2

六、课程评价

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评价，具体计算方法如下：

$$\text{课程分目标达成度} = \frac{\text{相关评价方式加权平均得分}}{\text{相关评价方式目标加权总分}}$$

课程总目标达成度=课程所有分目标达成度加权值之和

课程目标评价内容及符号意义说明： A_i 为平时成绩对应课程目标 i 的得分； OA_i 为平时成绩对应课程目标 i 的目标分值； γ_i 为课程目标 i 在总目标达成度中的权重值； S 为课程总目标的达成度， S_i 为课程目标 i 的达成度。

表 4 课程考核成绩对课程目标达成情况评价

课程目标	课程目标权重	评价方式	目标分值	实际平均分	目标达成评价值
课程目标 1	0.6	课堂考勤	$OA_{1-1}=60$	A_{1-1}	$S_1 = \frac{a_1 A_{1-1} + a_2 A_{1-2} + a_3 A_{1-3} + a_4 B_1}{a_1 OA_{1-1} + a_2 OA_{1-2} + a_3 OA_{1-3} + a_4 OB_1}$
		平时作业	$OA_{1-2}=60$	A_{1-2}	
		课堂讨论	$OA_{1-3}=60$	A_{1-3}	
		阶段性测试	$OB_1=60$	B_1	
课程目标 2	0.4	课堂考勤	$OA_{2-1}=40$	A_{2-1}	$S_2 = \frac{a_1 A_{2-1} + a_2 A_{2-2} + a_3 A_{2-3} + a_4 B_2}{a_1 OA_{2-1} + a_2 OA_{2-2} + a_3 OA_{2-3} + a_4 OB_2}$
		平时作业	$OA_{2-2}=40$	A_{2-2}	
		课堂讨论	$OA_{2-3}=40$	A_{2-3}	
		阶段性测试	$OB_2=40$	B_2	
课程目标 i 权重和	$\sum_{i=1}^2 \gamma_i = 1.0$	课程总成绩	100	课程总目标达成度	$S = \sum_{i=1}^2 \gamma_i S_i$

注：1.目标分值为课程目标对应评价方式的满分，同一评价方式目标分值之和为 100。

2.实际平均分为参与评价的学生在该评价方式的平均分。

七、课程资源

(一) 建议选用教材

赵维涛, 陈孝珍. 有限元法基础[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

(二) 主要参考书目

[1] 曾攀. 有限元基础教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.

[2] 曾攀. 有限元分析及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[3] 周水兴, 王小松, 田维锋. 桥梁结构电算 (第 2 版) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2020.

[4] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.

[5] 王新敏. ANSYS 结构动力分析与应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2014.

[6] 王勖成. 有限单元法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

(三) 其它课程资源

1. B 站—有限元法(上海交通大学)

https://www.bilibili.com/video/BV1tW411a7Ww/?spm_id_from=333.1007.top_right_ba

r_window_custom_collection.content.click&vd_source=a2e598234daff0832f38dd6af81e
f194

2. 中国大学 Mooc—结构概念分析与 ANSYS 程序实现(同济大学)

https://www.icourse163.org/course/TONGJI-1002989013?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcassjg_

执笔人：袁晓辉

课程负责人：袁晓辉

审核人（系/教研室主任）：王士革

审定人（主管教学副院长/副主任）：袁晓辉

2023 年 6 月