

有限元大作业报告

暨 STAPpp 程序说明文档

组长：黄云帆

组员：陈一彤 邓博元 管唯宇 杨正宇 卢晟昊

2017 年 12 月 27 日

Contents

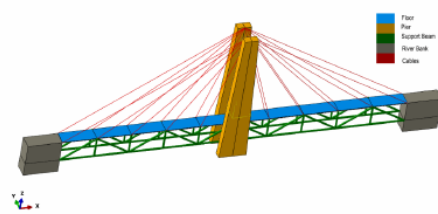
1	问题描述	3
2	STAPpp 程序框架	4
2.1	前处理模块	4
2.2	单元刚度阵组装	4
2.3	求解器设计	4
2.4	后处理模块	4
3	基本单元	5
3.1	Bar 杆单元	5
3.2	8H 实体单元	5
3.3	Euler-Bernoulli 梁单元	5
3.4	平板壳单元	5
4	新增单元	6
4.1	3T 平面单元	6
4.2	4Q, 9Q 平面单元	6
4.3	Timoshenko 梁单元	6
4.4	薄板单元	6
4.5	截锥壳单元	6
5	扩展功能	7
5.1	稀疏求解器	7
5.2	模态分析	7
5.3	分片应力恢复 (SPR)	7
5.4	无限单元	7
5.5	过渡单元	7
6	致谢	8
A	输入输出文件格式	9
A.1	输入文件格式	9
A.2	输出文件格式 (后处理用)	9
B	优化思路简述	10

C 小组合作清单	11
C.1 主干工作	11
C.2 细节性工作	11

Chapter 1

问题描述

- 扩展后的STAP++程序必须能够求解给定的桥梁问题（同时包括杆单元、梁单元、六面体实体单元和板单元），并用ABAQUS进行验证



- 除以上基本要求外，各组可以自行选择增加其他功能，包括但不限于分片应力恢复(SPR)、稀疏求解器、半带宽优化、无限单元、超级单元、过渡单元、模态分析、动力学响应分析和弹塑性杆单元等。

Figure 1.1: Problem

算例的具体描述与测试结果如下^[1]：

算例	$NumNode$	$NumEle$	$S4R$	$C3D8R$	$B31$	$T3D2$	t_{min}/s	RAM_{min}/M
1	4.16E3	2.88E3	4E2	1.76E3	7.04E2	20	0.27	\
2	3.72E4	3.04E4	2.5E3	2.65E4	1.35E3	20	2.35	\
3	\	2.33E5	1E4	2.2E5	2.7E3	20	25.0 _{6244M}	1385 _{132.63s}
4	1.91E6	1.81E6	4E4	1.76E6	5.42E3	20	3131 _{12C}	\

¹环境：CPU: intel xeon cpu e5-2620 v4, 2.10Hz, 16核；内存: 64G；操作系统: win10；MSVC 编译, Ox 优化.

Chapter 2

STAPpp 程序框架

2.1 前处理模块

2.2 单元刚度阵组装

2.3 求解器设计

2.4 后处理模块

Chapter 3

基本单元

这一章着重介绍在桥梁算例中使用的各种单元类型。

3.1 Bar 杆单元

略。

3.2 8H 实体单元

3.3 Euler-Bernoulli 梁单元

3.4 平板壳单元

Chapter 4

新增单元

4.1 3T 平面单元

4.2 4Q, 9Q 平面单元

4.3 Timoshenko 梁单元

4.4 薄板单元

4.5 截锥壳单元

Chapter 5

扩展功能

5.1 稀疏求解器

5.2 模态分析

5.3 分片应力恢复 (SPR)

5.4 无限单元

5.5 过渡单元

Chapter 6

致谢

感谢张老师和宋言学长在整个项目完成工作中对本组全组同学的耐心指导，也感谢在部分任务中其余组的部分同学与本组同学的积极讨论与互相扶持！最要感谢的，是我们组里的每一位同学，感谢大家一直以来的不懈努力以及团队所有成员的通力合作！

Appendix A

输入输出文件格式

A.1 输入文件格式

A.2 输出文件格式 (后处理用)

Appendix B

优化思路简述

Appendix C

小组合作清单

C.1 主干工作

黄云帆(组长) 铁木辛柯梁 (减缩积分与一致插值两个版本), 截锥壳; 统筹工作, 组织组会。

管唯宇 3T, 4Q, 9Q 单元; 前处理, 稀疏求解器; 效率/内存整体优化。

陈一彤 8H 单元; 后处理 (基于 tecplot); SPR (基于 8H)。

杨正宇 矩形板, 平板壳; 模态分析 (基于 Bar)。

邓博元 欧拉梁; 无限单元, 过渡单元 (基于 5Q)。

C.2 细节性工作

自动测试脚本 搭建自动测试流程, 可以利用已有的分片试验结果, 在每一次的 push 和 Pull Request 操作之前对代码进行较为全面的自动测试。这部分工作由管唯宇同学完成。

DOF 自动适配 在兼容已有输入格式的基础上, 可以更灵活地适应不同的旋转自由度约束要求。这部分工作由黄云帆、杨正宇、邓博元三位同学共同完善而成。

8H 刚度阵组装 由于此前调用 Eigen 库进行运算的效率过低, 故改写为显式写法, 大幅提高了效率。这部分工作由黄云帆在陈一彤同学原来代码的基础上完成。

STAP90 程序 为已有用 Fortran90 语言编写的 STAP90 程序的完善, 增加了若干单元和后处理功能。这部分工作由卢晟昊同学完成。

Bibliography

- [1] 张雄等. 计算动力学 (第二版). 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [2] 彭细荣等. 有限单元法及其应用. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2012.
- [3] 青克维奇, E.C., 泰勒, R.L. 著. 有限元方法 (第一卷, 基本原理). 曾攀译. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [4] 王勖成. 有限单元法. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 薛守义. 有限单元法. 北京: 中国建材工业出版社, 2005.
- [6] 陆明万. 弹性理论基础 (第二版). 北京, 德国: 清华大学出版社, 施普林格出版社, 2001.
- [7] Zienkiewicz O C, Cheung Y K. The Finite Element Method for Analysis of Elastic Isotropic and Orthotropic Slabs. Proc. Inst. Civ. Eng. 28:471-488, 1964.
- [8] Wikipedia. Timoshenko beam theory. (2017.08.25) [2017.12.06].
https://en.wikipedia.org/wiki/Timoshenko_beam_theory.
- [9] MKL reference.
<https://software.intel.com/en-us/mkl-developer-reference-c-spgvd#22ACC038-0667-4E23-8263-B4C0E67A769C>.