

高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

ANSYSを用いた有限要素法解析実習

—高松高専におけるCAE教育への取り組み—



高松工業高等専門学校
機械工学科
岩田 弘

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 1

高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

あらまし

- 1. 高専教育
- 2. 産業界の影響
- 3. 高松高専 機械工学科のCAE教育
- 4. CAE実習(本科5年生)
- 5. その他
- 6. まとめ

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 2

高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

1. 高専教育

1. 工業高等専門学校における教育

- 目的
 - 職業に必要な実践的かつ専門的な知識及び技術を有する創造的な人材を育成するとともに、わが国の高等教育の水準の向上と均衡ある発展を図ることを目的としている。

(独立行政法人 国立高等専門学校機構法第3条(抜粋))

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 3

高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

1. 高専教育

高専卒業生の進路

- CAE利用が活発な製造業への就職が多い。
- 全国の高専



全高専卒業生の産業別就職者割合(平成19年度)

(出典: 高松高専2007年学校要覧)

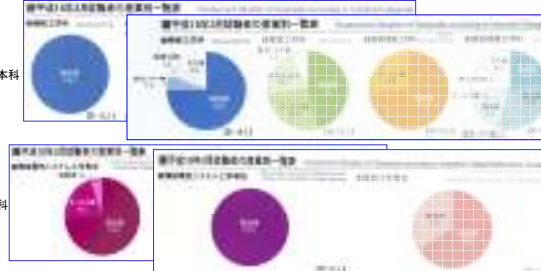
8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 4

高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

1. 高専教育

卒業生の就職先

- 高松高専機械工学科: 卒業生の40%が就職
- CAE利用の活発な製造業への就職が多い。



高専本科

専攻科

(出典: 高松高専2006, 2007年学校要覧)

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 5


高松工業高等専門学校
Takamatsu National College of Technology

2. 産業界の影響

2. 産業界の影響

- 自動車業界
 - 自動車の開発期間
4年 => 1~2年
- 家電業界
 - 家電製品の開発
解析に与えられる工程時間
=> 1~5日

(などと、学生には説明)



8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 6

2. 産業界の影響

開発期間短縮

- 問題の先出し・先潰し(Flont Loading)
 - 3次元CAD
 - CAE解析ツール

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 7

2. 産業界の影響

設計技術者の解析作業

- CAE利用の二極化
- 解析対象の拡がりや解析ユーザー層の拡大

<解析対象>	<CAEのタイプ>	<担当者>
製品全体	汎用CAE (高性能・高精度)	解析専任者
アセンブリ	CAD統合CAE (使い易い・簡単)	設計技術者
部品単体		

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 8

3. 機械工学科のCAE教育

3. 機械工学科におけるCAE教育

- 高松高専 機械工学科におけるCAE関連科目とCAE実習

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 9

3. 機械工学科のCAE教育

高専本科5年:工学実験 II

- 学習項目 (通年,90時間,3単位)
 - 熱工学実験(6)
 - 内燃機関実験(12)
 - 流体工学実験(18)
 - 振動工学実験(6)
 - 計算力学(12)
 - (1) 有限要素解析 I (静・動解析)
 - (2) 有限要素解析 II (熱・連成解析)
 - (3) 3次元CAD演習 I (モデリングと製図)
 - (4) 3次元CAD演習 II (モデリングと構造解析)
 - 制御工学実験(18)
 - 電気電子工学実験(18)

有限要素法解析実習 (ANSYS) 6時間

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 10

3. 機械工学科のCAE教育

専攻科1年:工学実験実習 I

- 学習項目 (前期,90時間,2単位)
 - 数値計算ソフトウェアによる制御システムの設計(24)
 - 3次元CAD実習 (18)
 - 材料強度データベースを利用した金属材料の疲労信頼性評価 (24)
 - 汎用有限要素プログラムの機械設計への応用(24)

有限要素法解析実習 (ANSYS) 24時間

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 11

4. CAE実習

4. CAE実習(本科5年生)

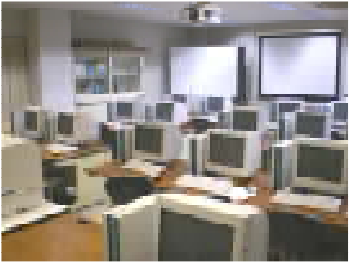
- CAEの実習の現状
 - 高松高専本科5年:工学実験 II
 - 1グループ8名<2週(6時間)>
 - 計算力学:有限要素解析 I
 - 静構造解析
 - 動解析
 - 計算力学:有限要素解析 II
 - 伝熱解析
 - 連成(熱応力)解析
 - 専攻科1年:工学実験実習 I <4週(24時間)>

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 12

4. CAE実習

CAE実習

- コンピュータ・サイエンス・センター
 - 第一演習室 15名定員
 - ディスクレスPC

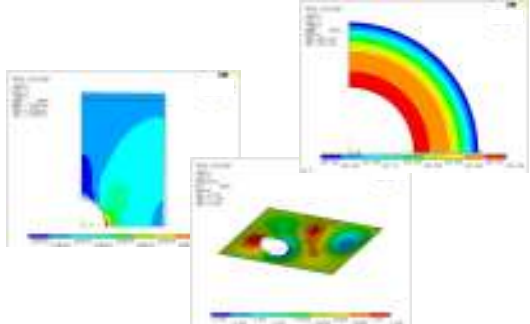


8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 13

4. CAE実習

高専5年のCAE解析課題例

- 高専5年:工学実験Ⅱ

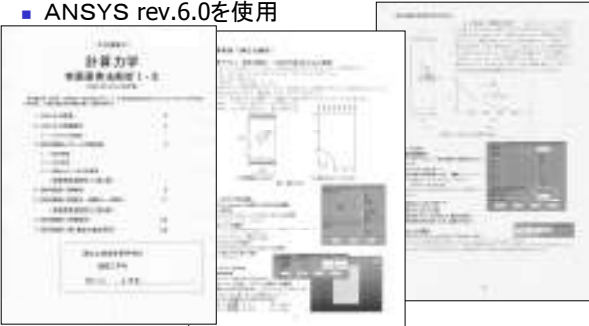


8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 14

4. CAE実習

高専5年のCAE解析テキスト

- 有限要素法解析Ⅰ・Ⅱ(全31p)
- ANSYS rev.6.0を使用

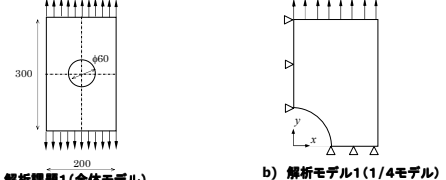


8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 15

4. CAE実習

解析課題1(静応力解析)

- 引張荷重を受ける穴あき平板の応力
 - 板の寸法:幅 200 mm, 高さ 300 mm, 穴径 $\phi 60$ mm, 板厚 6 mm.
 - 板の材質:鋼(S40C)
 - 荷重条件:上下方向圧力荷重 200 MPa.
 - 解析対象モデルが境界条件も含め,水平,垂直軸に対して軸対称であるので,解析計算においては計算時間を節約するために,図b)に示す1/4モデルを用いる.



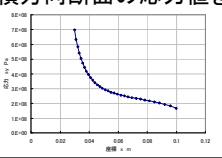
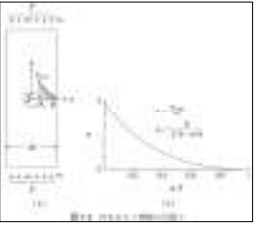
a) 解析課題1(全体モデル) b) 解析モデル1(1/4モデル)

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 16

4. CAE実習

解析課題1の検証

- 注目するところの解析結果を求め,理論解や既知の結果と比較して解析の妥当性を確認する.
- 穴の横方向断面の応力値を便覧の値と比較する.
(機械工学便覧-材料力学)

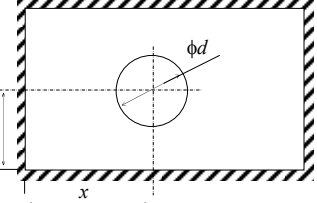



8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 17

4. CAE実習

解析課題2(振動モード解析)

- 周辺完全固定した穴あき平板の固有振動数
 - 図に示す穴あき平板の振動モード解析とする.
 - 寸法は解析例1と同じ(幅 300 mm, 高さ 200 mm), 板厚 5 mm
 - 板の材質:鋼(S40C).
 - 境界条件:全周固定



4次までの固有振動数とその振動モードを確認する.

図2 解析モデル2

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 18

4. CAE実習

解析課題2の検証

■ 長方形平板の固有振動数と比較して、解析結果の確からしさを確認する。
(参考:機械工学便覧-機械力学)

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 19

4. CAE実習

解析課題3(伝熱解析)

■ 二重円管の伝熱解析

- 図に示す二重円管の熱伝導解析とする。
- 寸法:内径 10 mm, 接合径 16 mm, 外径 20 mm
- 材料:学生ごとに異なる。
- 境界条件:管内は300°C, 管内壁の熱伝達係数 3500 W/(m²·K)
- 管外は 25°C, 管外壁の熱伝達係数 300 W/(m²·K)

a) 解析課題3(全体モデル) b) 解析モデル3(1/4モデル)

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 20

4. CAE実習

解析課題3の検証

■ 伝熱工学の教科書の式から理論値を求め、解析結果と比較する。
(参考:西川,北山,図解伝熱工学の学び方,オーム社,1982.)

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 21

4. CAE実習

解析課題4(熱-構造連成解析)

■ 二重円管の熱応力解析

- 解析モデル3の伝熱解析結果を用いた熱-構造連成解析を行う。
- 解析モデル3の解析結果の温度分布における管の変形および応力解析を実施する。

モデル(解析課題3) 境界条件(解析課題3の結果) 課題4の解析モデル

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 22

4. CAE実習

解析課題4の検証

■ できれば、解析式を調べて検証する。
(参考:ティモシェンコ,グーディア,弾性論,コロナ社,1973.)

この問題は平面ひずみ問題として扱われ、このとき、変位と応力については、

$$u(r) = \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha \frac{1}{r} \int_0^r T r dr + C_1 r + \frac{C_2}{r}$$

$$\sigma_r(r) = -\frac{\alpha E}{1-\nu} \frac{1}{r^2} \int_0^r T r dr + \frac{E}{1+\nu} \left(-\frac{C_1}{1-2\nu} - \frac{C_2}{r^2} \right)$$

$$\sigma_\theta(r) = \frac{\alpha E}{1-\nu} \frac{1}{r^2} \int_0^r T r dr - \frac{\alpha E T}{1-\nu} + \frac{E}{1+\nu} \left(\frac{C_1}{1-2\nu} - \frac{C_2}{r^2} \right)$$

$$\sigma_z(r) = -\frac{\alpha E T}{1-\nu} + \frac{2\nu E C_1}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

で表されるので、温度分布と接合部の変位連続条件、および、内外径における半径方向応力がゼロという条件から、2層についてそれぞれ未定係数C₁,C₂が求まり、変位と応力を得ることができる。

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 23

5. その他

■ CAE学習の実践的取り組み

- 単なる学習から脱却し、解析受託技術者として立場で問題を捉え、価値を生むレポートを作成。

■ 教員の意識改革

- 社会人教育や企業技術者との交流などを通じて、開発設計現場の空気を、常に採り入れる必要がある。

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 24

5. その他

社会人向けセミナー

- 高度技術者養成研修「評価版でできる有限要素法解析」
 - 定員 10名

日	時	プログラム
8月21日 (火)	10:00-10:30	・CAE入門
	11:30-17:00	・ANSYS EDの概要と基本操作 ・実習1: 静解析のモデル化と解析実習 ・実習2: 動解析のモデル化と解析実習
8月22日 (水)	10:00-16:00	・実習3: 熱解析のモデル化と解析実習 ・実習4: 熱・構造連成解析のモデル化と解析実習 ・実習5: ANSYS ED Workbench操作体験 ・その他解析事例紹介
	16:00-17:00	・質疑応答

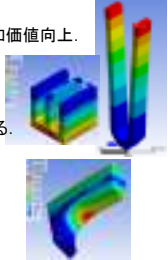
目的: 香川県内中小企業でのCAE利用による製品の開発設計水準の向上と競争力強化。
 高専では、企業との接点を設けることにより、CAE教育プログラムとそのテキストへの反映。

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 25

5. その他

社会人向けセミナー(2)

- 取り組みのポイント
 - CAE入門: “きっかけづくり”.
 - 後は相談などでサポート.
 - 安価にできるCAE.
 - 評価版有限要素法解析の導入による製品付加価値向上.
 - 設計のデスクサイドCAEツール.
 - 3次元解析. ('06~)
 - 複雑な部品の注目部だけの解析でヒントを得る.
 - 3次元CADとの連携. ('06~)
 - 3D-CAD設計と解析の連携.



→ 設計者が使える道具としてのCAE解析

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 26

5. その他

今後の課題

- CAE教育を充実する上での課題
 - 実習時間の有効活用.
 - 高専本科5年ではCAE体験.
 - 問題解明の演習
 - 専攻科ではより高度な実践的内容の演習.
 - CAE環境の老朽化
 - ANSYS rev.6.0('00版?)
 - ANSYSのライセンス維持費

=> 今後は、ANSYS ED を導入して、定期的にVer.Upする。

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 27

6. まとめ

- CAE教育は、実践的な機械技術者教育として重要な役割を担っている.
- 産業界におけるCAEの新たな普及(=二極化)に対応して、求められるCAE技術教育を行う必要がある.
- 解析のベンチマークの重要性を教育しなければならない.
- 社会人向けセミナーを行うことにより企業の空気を高専教育にフィードバックできる.

8/27 '07 CAEのあるものづくりセミナー 28