

SURE: Shizuoka University REpository

<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/>

Title	105 卓上実験とCAEアプリケーションを用いた機械系教育の試み(材料力学I)
Author(s)	辻, 知章; 野田, 直剛
Citation	講演論文集. 2001, p. 9-10
Issue Date	2001-09-21
URL	http://hdl.handle.net/10297/2154
Version	publisher
Rights	社団法人日本機械学会：本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである

This document is downloaded at: 2017-09-24T23:09:18Z

卓上実験とCAE アプリケーションを用いた機械系教育の試み

Education of Mechanical Engineering Department
by using the Desktop Experiment and the CAE Application.

○正 辻 知章 (静大工) 正 野田 直剛 (静大工)

Tomoaki TSUJI, Shizuoka University, Jyooohoku 3-5-1, Hamamatsu
Naotake NODA, Shizuoka University

Key Words: Strength of Materials, CAE, Experiment, CAI, Education, Desktop Experiment

1 はじめに

著者らは、材料力学の講義を分かりやすく学生に教えるシステムの構築を目指し、マルチメディアを用いて様々な試みを行って来ている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、講義を通して学生に接していると、“考えることを嫌う”、“集中出来ない”、“現実感覚が無い”、“理論的思考の低下”、“応用力の低下”等の問題が最近顕著になってきている。これらの原因の多くは、小、中、高校までの教育で、実際に物を作る時間が毎年のように減少している⁽³⁾ことにあるのではないかと我々は考えている。そこで本論文では、材料力学の講義の枠内で、学生参加型の講義として、学生に物を作らせ、自ら実験し、理論を発見することを目指して、幾つかの机上実験を提案し、実際の講義で試行した結果を報告する。さらに、現代の物作りに欠かす事が出来ない“CAE”すなわち“コンピューターを用いたシミュレーション技術”を併用した講義に関する結果について報告する。

2 机上で出来る材料力学実験

2.1 コンセプト 今回実施した実験は、すでに用意され設定された実験器具を使用し、詳細なスケジュールが規定された従来の学生実験とは異なり、“道具、材料”のみを与え、誘導尋問的な余計な説明は極力せず、実験方法などは各自で考えて行わせる。あえて最終ゴールを定めず、自分なりの結果・理論を得ることを重視する。また、実験装置や材料は、各学生が家でも行えるように、大学生協等で簡単に入手できるものを利用し、試験片等も極力学生が自作することを目指す。実験に要する時間は、1講義内(90分)で終わり、かつ総評などの時間を残すために60分以内で終了することを目標とする。

2.2 卓上実験 以下に示す(1)~(4)の実験を考案した。試験材料として、スパゲティー、そば、シャープペンシルの芯等を使った。特にそれなりに固く、かつ、ある程度強度があったスパゲッティは、実験(2)~(4)において、材料として使った。表1に、各実験に要した時間、構成グループの人数、用いた道具を示す。

(1) 簡易引張試験

材料を引張り破壊させる実験を行った。とにかく引張らせて、最大の荷重がかけられたチームを優勝とした。

(2) はりをどこまで延ばせるかのコンテスト

机の上に端を固定したはりを、床につかずに延ばせた距離を競う。材料を適当な長さに折り、トラス構造に組み直す工夫をすると、かなり遠くまで延ばすことが可能である。

(3) はりのたわみの実験

各グループで支持条件を設定し、はりのたわみのグラフを作成する。正確なグラフは無理であるが、荷重とたわみの比例関係程度に気が付いてくれることを期待した。

(4) どこまで高い塔を作れるかコンテスト

机の上に置いた発泡スチロールの土俵から、何処まで高く塔を立てられるかのコンテストを以下の競技規定で行う。(1)配られた材料と道具以外は使用しない。(2)折って使っても曲げて使ってもよい。(3)塔の根本が土俵(直径12cmの円)からはみ出さない。土台から離れた部分(空中)にはみ出してもよい。(4)測定は作った建物から手を離して安定した状態で行い、測定時に破壊したものは無効。

3 CAE を併用した講義の試み

2章で提案した実験の多くは、学生に如何に理論を学ばせるかをゴールとして企画したものである。一方、エンジニアとして実際の物を作る場面では、修得した理論を元に、様々な要因を考慮に入れて設計する事が必要とされる。さらに、コンピューターを用いたシミュレーション、すなわち、CAEを設計に駆使出来ることが重要な課題である。そこで、夜間主コースの学生に対して表

Table 1 Details of the Experiments

#	Title	Duration Time[min]	Person / group	Tools
(1)	Pulling Test	40	3	Plastic Bottle
(2)	Beam Contest	60	3	tape, rule
(3)	Beam Bending	40	2	coin, rule
(4)	Make the Building	20	3 or 4	tape

(common tools : scissors)

Table 2 The schedule of the CAE lecture. (2001)

#	Date	Contents
1	10/04	lecture of CAE
2	10/11	how to use the computer.
3	10/18	MARC exercise 1
4	10/25	MARC exercise 2
5	11/01	MARC exercise 3
6	11/08	Topo Danukie exercise (Easy to use by only 5 minutes explanation), Introduction of "Make the Tower Contest"
7	11/15	Making Tower Contest (first challenge, a complete defeat)
8	11/22	A meeting for reviewing, Watch the VTR.
9	11/29	make new group, measure the mechanical properties of pasta, calculate the buckling force
10	12/06	design the tower (MARC is too difficult to use, Topo Danukie is able to use)
11	12/13	Making Tower Contest (second challenge, taking over 3 hours, 2.93m with 80 pieces of pasta)
12	01/17	analysis by Topo Danuki
13	01/24	analysis by Topo Danuki
14	01/31	closing the lecture

2に示すような日程で、CAE技術の修得を目指した講義を企画し実践した。この講義の主なねらいは、“(1)有限要素法を体験。(2)CAEを体験(コンピューターを使って何かを設計)。(3)解析結果と実際との違いを体験。”である。表2に示したように、まず有限要素法の実習を行い、簡単な2次元弾性解析を行った。ついで、“トポ狸”と名付けられている、簡単に、はり要素を組み合わせた構造解析や最適設計が出来るソフトの実習を行った。有限要素法のソフト(MARC)に比べて、トポ狸は格段に学生にとっては分かりやすく、5分程度の説明ではりを組み合わせた解析が可能となる。こうしてシミュレーションの基礎的な技術を修得させた後、2章で示した“塔を立てる実験”を実施した。まず、細かな競技規定について説明した後、“1週間の設計期間”と“2m以上のはりを立てる事”という目標を示し、1週間後に“塔を立てる実験”を実施した。結果は完敗であった。机の上で平面的な部材を作成し、それをいきなり立てる計画であったが、全く立たずに、重力に負けて座屈してしまった。思考錯誤を行いながら塔を作った高校生が、20分で2m近くの塔を立てたのに比べて、1週間設計を行い、知識もあるはずの学生が、時間内に塔を完成出来なかったのは意外であった。学生はかなり情けなかったようで、再挑戦をすることに決めた。表に示すように、3週間の設計期間を設け、また、目標を3mとアップして再挑戦を行った。今回は、時間とパスタの本数を無制限として行った。パスタの直径、密度、弾性定数等を実際に測定し、座屈荷重の計算、トポ狸による実証等を行った。一回目の挑戦の設計では、とにかく高い塔を立てることに主眼において、はりの組み合わせをどうするかのみ考えていたが、今回は、丈夫な土台から座屈しないように如何にしてはりを立てるかを考え。さらに、試行錯誤を重ね、はりの組み合わせかたの設計を変更して

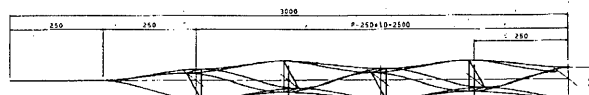


Fig.1 The design of the tower with 2.93m.

いた。その結果、3mには到達しなかったものの、2.93mという記録を達成することが出来た(図1)。

塔を立てる前段階において、学生は何故塔が倒れるかの理由を知らない。そのため、CAEを有効に活用する事が出来ずに、シミュレーション結果の正否や境界条件の正否を判断出来ない。ゆえに、実験を体験しないで座学の知識のみから実際の物を作ろうとすると、必ず失敗する。正確なパスタの直径や弾性定数も知らずに、適当な数値を入れて解析を行っていた。一方、失敗を体験してからCAEのツールを使って設計すると、失敗から経験した様々な要因を考慮する。そのため、マニュアルどりにシミュレーションする事にならず、実際の経験との適合を常に考慮しながら、各種パラメーターの設定、シミュレーション結果の検討を行う事が可能になる。また、シミュレーションでは簡単に設定出来ない様々な要因がある事を実際の失敗から学んでいることから、シミュレーション結果をそのまま鵜呑みにするような過ちを犯さなくなる。

4 まとめ

卓上実験を、CAEの修得を目的とした講義の中で行った結果、「失敗は成功の元」という言葉を今さらながら再認識させられた。さらに、“理論”+“シミュレーション”+“実験”のバランスが重要であることが改めて確認出来た。従来の講義は、理論に特化し過ぎている。また、実験と講義との繋がりが不鮮明である。従来の学生実験は、理論あるいはシミュレーション結果と実験結果が一致する事が前提で行われている。これでは、失敗を体験する事は不可能である。実際の失敗を体験出来るような講義の創世が重要である。そのため、問題解決型の講義や創造性の講義等の試みが行われている。しかし、これらの講義には、多大な時間と多くのスタッフの労力が必要である。今回使用した、トポ狸のような、直感的に使える、試行錯誤が簡単に出来る解析ツールと卓上実験をうまく組み合わせることにより、“理論、シミュレーション、実験”のバランスが取れた講義の創成の可能性があると考える。

謝辞

本論分で用いたCAEツールである“First Order Analysisモジュールプログラム：トポ狸”は、トヨタ中央研究所で開発され、教育に対する効果を検討するために貸与された物である。

参考文献

- 1) 辻知章, 木村 秀和, 野田 直剛, 日本機械学会論文集(A編), 61, (1995), p.2514-2519
- 2) 辻知章, 松永泰弘, 福井一恭, 野田直剛, 砂田文宏: 日本機械学会講演論文集 (CD-ROM論文集), No.97-44, (1997), p.75-76
- 3) 大河内信夫, 日本機械学会講演論文集, No.99-4, (1999), p.3-4