材料力学における演習ノート授業※

Exercise Notes in the Class of Strength of Materials

林 貞 男^{※1}

Sadao HAYASHI

専門教科科目を真に理解し実際への応用力を身につけるためには種々の演習問題を多くやるに越したことはない。そしてこの演習問題を、学生諸君が自らの手で解くことが必須の条件といえる。機械工学科の力学系科目として最初に学生が会える材料力学においては、学生が勉強のやり方を覚えるという意味も含め、この演習問題の自立的活用法は特に重要なことになる。学生諸君に「演習ノート」と称するファイルを用意し、これに種々の演習問題を自ら解いてファイルし、材料力学への理解を深めさせる授業を行った。その結果所期の目的を果たすことが出来たので報告する。

キーワード：授業法、演習、自学自習、材料力学、教育効果、授業評価

In order to master specialized subjects and to obtain abilities for application, the most important thing for the students is to do many exercises. It is also an indispensable condition that these exercises have to be done by students themselves. In learning "Strength of Materials" as applied mechanics, which has to be studied first by mechanical engineering students, it becomes important for them to do many exercises. And it may be connected with learning how to study many other mechanical engineering subjects. Files called "Exercise Note" were prepared for students in the class of strength of materials. When they do various exercises themselves, their answer sheets were filed in their own Exercise Notes, which were handed in to me. In this way, I gave strength of materials lessons for one year for my students to understand this subject, the result of which is that I achieved the expected goal.

Keywords : Teaching Method, Exercise, Teaching- oneself, Strength of Materials, Educational Effect, Class Evaluations

1. はじめに

材料力学は機械工学専攻の学生にとって重要な基礎となる科目であり [1], 機械工学科と名のつくところでは必須の科目になっていると思われる。応用力学ではあるが、静的釣合いを基礎とするので機械工学の専門科目の中でも理解しやすい科目と著者は考えている。このような比較的易しい教科での勉強法を覚えれば、これ以降の機械工学専門教科の自学自習にも役に立つと考えられる。

さらに一層の理解を深め、応用力も身につけるため、演習問題を解くことは必要不可欠と著者は考え、授業中に出来るだけ多く解いたり、また学生自身で解かせたりもしてきた。そうしたことが上手く機能し、学生は家庭でも自学自習に充分励んでくれているものと思っていた。

ところが、平成11年度末、本校初の試みであった学生による授業評価によって、この材料力学に限らず、大多数の学生が家庭では教科書をほとんど開いていないという実態がわかった。

そこでこのことを解消するためと同時に、さらに演習問題を多く解かせるために学生諸君に「演習ノート」と称するファイルを用意した。これに学校および家庭で自ら解いた種々の演習問題の解答用紙をファイルし、著者への提出を義務づけた。著者は個々のファイルにコメントをつけて必ず次の授業までには返却し、学生諸君の自学の便を図るようにした。何としても家庭で教科書を強制的にでも開かせるような試みをしたのである。

このようにして、材料力学への理解を深めさせる授業を1年間行った。その結果大多数の学生がこの授業の趣旨を理解し、義務付けたファイルを時間内に提出した。また最後に行った授業評価でも肯定的意見を述べるなど所期の目的を果たすことが出来たので報告する。

※平成14年11月1日受付

※1 米子工業高等専門学校機械工学科

2. 演習ノート授業

2. 1 授業の進め方

次に述べる手順で、平成13年度1年間授業を行った。

- (1) 授業終了前に、その日の授業内容にふさわしい演習問題を提示し、少し自分たちでも解かせ、時間が来たところでそれを解いて見せる。補助的に解答も配布する。
- (2) 同時にこれに関連した演習問題を2～3題、家庭学習用演習問題として提示する。
- (3) 学生はこの演習問題を必ず自前で解き、翌朝1時限授業開始前に、著者が用意した各自の演習ノートと称するファイルに綴じ、著者に提出する。
- (4) 次の授業前日までに演習ノートを返却することにし、学生諸君は採点結果および配布された模範解答により復習し、授業に備えることにした。

なお、学生のリポートは注意深く評価することが、1対1のコミュニケーションに繋がり、学生の自発的学習意欲を増進させるそうである[2]。そこで個々の演習ノートには必ず著者のコメントを付けて返却した。

- (5) 次の授業時間初めに、全体的な講評を行う。
- (6) やり取りしたリポート等はすべて各自の演習ノートにファイルさせ、試験時の参考にさせた。

2. 2 演習ノートの例

図1は第7週目「熱応力」のトピックで授業したときに用いた演習問題を示したものである。図のように

7. 熱応力

授業後の演習問題

温度 $T_1 = 10^\circ\text{C}$ のとき、長さ $L = 27\text{m}$ の鋼棒が両端を固定されている。ヤング率 $E = 206\text{ GPa}$ 、線膨張係数 $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ としたとき、次の値を計算せよ。

- (1) 温度 $T_2 = 70^\circ\text{C}$ に上昇したときの応力 σ と種類、およびひずみ ε
- (2) 温度 $T_2 = -192^\circ\text{C}$ に降下したときの応力 σ と種類、およびひずみ ε

(解) (省略)

家庭学習用演習問題

- (1) 隙間を持たせて敷設したレールが温度上昇により生じる熱応力の計算
- (2) テーパー棒の両端を固定し温度上昇させたときの熱応力を求める問題

図1 「熱応力」に関するファイル作成問題

授業後の演習問題では、熱応力の説明どおりの計算をさせ、家へ帰ってからは頭をひねらせるような形にしてある。

この授業においては、(どの授業においても) 熱応力は線膨張係数とヤング率と温度変化分の積になるという公式をまず導き出す。この公式を覚えることも重要であるが、何故この公式になるのか、つまり、温度上昇によって壁がなければ自由に伸びる棒を壁が邪魔して押すから圧縮応力が発生するのだという考え方を教え込むようにした。したがってこの場合、授業後の演習問題では温度変化による棒の伸び(縮み)量を計算させ、それと未知数と置いた熱応力による棒の縮み(伸び)と等置させて答えを求めさせるようにした。これは徹底させた積りであるが、家庭学習用の演習問題(1)については、大多数の学生が答えは出していたものの著者としては不満が残った。大多数の学生はレールの隙間が無くなるまでレールが熱によって延びるときの温度を計算し、そこからの温度上昇を出して公式に当てはめて答えを出していたのである。したがって、同じく(2)については、単純引張りテーパ棒の伸びの計算法はすでに教えてあったにもかかわらず、正解した学生は少なかった。

3. 演習ノート授業を終えて

3. 1 演習ファイルの提出状況

本授業は1回2時間の連続授業として行い、演習は後半の時間大部分を費やした。年間30回の授業のうち、試験の手直時間や長期休暇なども考慮し、25回の演習ノートの提出を予定したが、最終的には21回ファイルを提出させた。これに対し、すべて提出した学生は49名中24名であった。また提出状況が14回以下と悪かった学生は計8名と少なく、大多数の学生が、本授業の趣旨を理解し、少なくとも材料力学の授業日

図2 ファイル提出状況と成績

には家で教科書を開いたものだと思っている。

図2はファイルの提出状況と、年間4回行った試験の平均点との相関を見たものである。全回提出しながら試験では良い成績が得られなかった学生もいるが、総じてファイル提出と成績には正の相関があり、相関係数は0.678であった。しかしこの図においては、クラス全員49人を全体で見ることは不適當で、前述の提出状況の悪かった8名は層別して考える必要があると思われる。ファイル提出状況の比較的良かった31名の学生の提出回数と成績の相関係数は0.352となり、それでもやや正の相関は保たれているものと思われる。

3. 2 演習ノートに関する注意

前述のように、演習ノートには必ずコメントを付けて返却をしたが、その中で多くの学生に共通して注意した点について述べると以下ようになる。まず初回頃の演習ノートに対しては、

(1) リポートか、メモ書きか分からないものがある。

自学自習のための演習ノートとはいえ、説明させても自分で何を書いたか分からないようでは困る。答案を書く練習としても、自分の考えを整理する上でも是非この能力は養って欲しいと、著者の解答例を必ず毎回配ってこれもファイルさせた。

(2) 単位のあるものには必ず単位を入れる。

(3) 有効数字に注意する。

電卓で計算した数字を並べた学生に対する注意で、さすがにこのことはすぐ直すようになった。

(4) 文字を用いて計算し、最終的に数値を代入し電卓で計算して答えを出す。

といったように、実に初歩的な注意をしている。しかし、回を重ねると、このような注意はなくなり、

(5) 連立方程式の上手な解法について

(6) 材料力学的考え方について

などといった講評に変わっている。

3. 3 学生による授業評価アンケート結果

学生による授業評価アンケート結果を図3に示した。これによると約8割の学生諸君にとって、この材料力学はやや難しい教科と受け取られている。しかし、内容量も、進度も6割前後の学生には適切であり、また使用教科書もほぼ適切で、自分の勉学に役立ち、説明も良く聞きとれ、板書もわかり易く、総合的な教え方としてほぼわかり易い授業だったと、この授業を肯定的に捉えていることが分かる。

本校は学生の授業評価を前述のように平成11年から行っている。その年度の材料力学に対する学生評価に比べ今回の演習ノート授業を受けた学生の評価が各

図3 学生による授業評価アンケート結果

段に良くなっている項目は、図3の問い2、3および8の3項目である。問い2の授業の内容量では2割、3の授業の進度では4割の学生しかこれまで適切としなかったのが、両項目とも6割前後の学生が適切になったと評価している。特に問い8のノートを取る時間については、2年前は7割の学生が不適切あるいはやや不適切と応えていたのに対し、今回は大幅に改善でき、逆に7割強の学生が評価していることが分かる。これらは、正解をプリントとして配布し、ファイルさせたことの効果とも考えられる。

3. 4 学生の感想

この授業に対し、学生の感じたこと、希望等を最後に自由に記入させた。そのうち演習ノート授業に関するものをまとめて示すと以下のようである。ここで(名)内の数字は同様の意見を述べた学生の数であり、「」内はこの意見あるいは感想に対する著者のコメントである。

まず、批判的な意見として

- (1) 家庭学習用演習問題の提出期限を少し長くして欲しかった。(3名)

「でもやはり、最初の約束どおり、その日の内に問題を解く習慣は身につけたい。」

- (2) 説明は分かりやすかったが、授業中に解く問題とテスト問題との難易差があった。

- (3) 授業中に話を聞いているときは分かった気がしたが、帰って問題をやると解けなかった。

「この(2)、(3)の意見をどう汲み上げていくかが、この授業の最大の反省事項と感じている。」

ついで肯定的な意見および感想として

- (4) 自分でやらないといけないことがよく分かった。(2名)

- (5) プリントを使った授業だったのでテスト勉強の際に見やすく勉強しやすかった。

- (6) 授業後の演習問題や宿題を毎回出すような先生はいない。先生はそれをしっかりチェックして返してくださるので、それはとても役だった。(2名)

- (7) 授業後のプリント演習問題がとても役だった。これからも続けたらよいと思う。

- (8) 1時間目は教科書を進め、続く2時間目は演習問題にしてあって良かった。

- (9) 授業中にできなかった演習問題の正解プリントなども配布され、家庭学習がしやすく、先生の熱意を感じた。(3名)

- (10) プリントの作成は大変だったでしょう。

「これらに、一年間の苦労が報われた思いである。」

4. おわりに

冒頭に述べたように、材料力学は機械工学の専門教科の中でも理解しやすい科目と著者は考えている。しかし現実には授業を受ける多くの学生は難しい教科と捉えており、これを易しく教えるための授業方法の改善についてまだまだ研究の余地はある。そのような中で、今回行った演習ノート授業は学生諸君にはある一定の評価を得、成績の向上にも役立ったように思われる。こちらが熱意を持てば、十分に学生は応えてくれるが、これに費やしたエネルギーは相当なもので、このままの形で毎年継続することは困難がともなう。専攻科が早く軌道に乗り、専攻科生の本科生に対するTA制度などが整備されればと思っている。

なお本年度の材料力学の授業では、本授業で作成したプリントを活用し、少しでも学生に演習問題を解く喜びを与えるようにしているところである。

謝 辞

本授業は、本校の内部予算による教育方法等改善事業で採択され、平成12年度に構想および計画し、13年度に実施したものであることを付記し、謝意を表します。また学生に提示した演習問題は、主として本校が教科書としている参考文献[1]から採用した。それ以外にも多数の類書を参考にしている。ここにあわせて、心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [1] 例えば、渥美光、鈴木幸三、三ヶ田賢次：材料力学I (SI版)、共立出版(2001)。
[2] 香取草之助訳：授業をどうする！カリフォルニア大学バークレー校の授業改善のためのアイデア集、東海大学出版会(1995)。

著 者 紹 介

林 貞男

1968年 大阪大学大学院修士課程修了
工学修士

現 在 国立米子工業高等専門学校機械工
学科教授