

工学系 2 年次学生に対する材料力学の演習指導案に関する一事例

渡 辺 正 満*

A Case of Guidance Plan in the Seminar of Mechanics of Materials for Second-year Undergraduates Specializing in Mechanical Engineering

WATANABE Masamitsu*

キーワード：材料力学，演習，指導案，事例，工学系 2 年次学生

1. はじめに

本稿においては、筆者が東京電機大学工学部第二部非常勤講師として工学系 2 年次学生に対して行った材料力学に関する演習の指導案の概要を示す。

材料力学は機械や構造物の各部分に生ずる内力や変形の状態を解析し、明らかにする学問であり、工学系、特に機械系の学生が習得すべき基本的な科目である。近年、高強度鋼等の利用範囲の拡大により問題となっている応力腐食割れ・水素脆化など破壊の問題の先端に切り込むためには、材料力学による応力概念の理解を前提とした知識に材料科学の知見を組み合わせることが必要不可欠となっている。

この科目の配当は工学系の 2 年次前期であり、材料力学の講義とその演習が一組となって 3 単位を構成している。この科目のほかに、後期にも材料力学の講義が続いている。使用教科書は、実教出版発行の「大学基礎 新版 材料力学」⁽¹⁾である。受講生はカリキュラム上では低学年で数学（線形代数、微分積分）、物理学（力学）、工業力学などを履修しており、高等学校の物理の範囲を脱して、力学に対する微分積分の適用ができるよう教育されている。

本学を離れた一般の話であるが、ときおり「材料力学」は難しいということが言われるようである⁽²⁾。この原因を小山らは「比較的専門課程の初期に学ぶので不慣れであること、物理などの力学や数学的知識が当たり前のように同居している」と指摘している⁽²⁾。筆者は、この点を踏まえて、講義に合わせた演習の実施の際に物理において出てきた事項を整理する単位換算問題、微分積分などの数学的技法を最小限として材料力学の基本概念を理解する問題からはじめて、学生が段階的に本格的な材料力学の問題に慣れるよう指導案を作成した。また、演習の時間のなかで意識的に演習解説の時間を入れて、初学者が躓きやすい点を口頭で補充することとした。

2. 演習における指導案

演習は講義の進捗に合わせ、講義の終了した項目について出題し、受講生の理解の定着を図った。講義および演習を通じて、(1) 応力・ひずみの概念を把握し、フックの法則や弾性係数に基づく計算ができ、許容応力・安全率の値を求めることができること、(2) 引張・圧縮・ねじりに関する応力・ひずみの問題が解けること、(3) はりについて曲げ・応力・たわみを求めることができること、を達成目標とした。

*工学部機械工学科非常勤講師 Part-time Lecturer, Department of Mechanical Engineering, School of Engineering

学生が材料力学を学び始めた最初の段階の演習では、以下のような出題を行った。

- ・単位の換算問題
- ・フックの法則に関する問題
- ・引張応力、引張りずみ、伸びを求める問題
- ・引張試験における荷重伸び線図から引張強さ、降伏点、破断伸びを求める問題
- ・ポアソン比に関する問題
- ・丸棒の伸び及びポアソン比を用いた直径方向の縮みを求める問題
- ・フリーボディダイアグラム (FBD) を描かせる問題
- ・安全率を求める問題
- ・許容応力と安全な径を求める問題
- ・せん断応力に関する問題

上記の出題は応力・ひずみ、フックの法則の概念を理解して、引張応力やひずみを求めることができるようになることを狙い、繰り返して出題することで実践力の向上を図った。また、材料力学における応力単位として共に使用される N/mm^2 と Pa などの単位の換算を出題し、応力等の計算時の躓きを少なくするようにした。材料力学で学んだ知識を生かせる一つの事例として、軟鋼の引張試験における荷重伸び線図を提示して、引張強さ、降伏点 (上降伏点)、破断伸びを求める問題を出題し、材料力学が材料試験分野においても基本的な科目であることを意識できるようにした。材料力学の講義の最初の段階で出てくるポアソン比、安全率、許容応力、せん断応力についても、演習における計算等を通じて、学生の理解が深まるように努めた。

引張り・圧縮・ねじりに関する講義が進んだ段階で、演習においては以下のような出題を行い、材料力学を生かした問題解決能力の醸成を図った。

- ・2部材からなる構造に荷重が作用し変位が生じた際の部材に生じる応力とひずみを求める問題
- ・接合された異なる素材に荷重が負荷された際にそれぞれの素材にかかる応力を求める問題
- ・棒の自重によって生ずる応力とひずみに関する問題
- ・熱による膨張量と熱応力を求める問題
- ・応力集中による最大応力を求める問題
- ・ねじりモーメント及びねじり角を求める問題

- ・ねじり角を求める問題
- ・ねじりモーメントと許容せん断応力から中実丸軸の径を求める問題
- ・中実丸棒と正方形断面棒のねじりによる最大せん断応力の比を求める問題
- ・ねじりモーメントのつり合いおよび最大せん断応力を求める問題

単純な材料への応力負荷だけでなく、2部材からなる構造や接合された異なる素材のような実際に用いられる構造・素材の応力やひずみを考える力に拡張できるように指導した。熱応力についてはレールの事例を出題し、実例をイメージしながら、計算力を養えるようにした。実際の機械等の設計において考慮しなければいけない応力集中についても、演習における計算を通じて、その重要性の理解を深められるようにした。ねじりについては、ねじりモーメントやねじり角を求める問題にとどまらず、ねじりモーメントと許容せん断応力から中実丸軸の径を求める問題や中実丸棒と正方形断面棒のねじりによる最大せん断応力の比を求める問題などを出題することで、設計への活用や実際の構造の考察にも学んだ知識が生かせることを学生が実感できるように指導した。

真直はりの曲げや応力に関する講義が進んだ段階で、演習においては以下のような出題を行った。

- ・両端支持はりの支点反力を求める問題
- ・両端支持はりのせん断力図 (SFD) と曲げモーメント図 (BMD) を描かせる問題
- ・両端支持はりの SFD と BMD を描かせる問題
- ・片持ちばりの SFD と BMD を描かせる問題
- ・単純ばりにおける最大曲げモーメントを求める問題
- ・等分布荷重が作用した片持ちはりの SFD と BMD を描かせる問題
- ・荷重が負荷されているはりの SFD と BMD を描かせる問題
- ・断面二次モーメントを求める問題

SFD と BMD を実際に描く問題の前に、必要な支点反力を求めて、そのつり合いを解かせる問題を入れることで、段階的な知識の定着となるよう指導した。また、SFD と BMD を描く際の力やモーメントの符号は、解答時の混乱を生じさせないため、

講義時と同一とした。SFD と BMD を描く問題については、片持ちばりや両端支持はりにおいて集中荷重や等分布荷重が作用した場合など、いくつかのパターンを出題し、応用力の醸成を図った。

演習を受講している学生に自信をつけさせることを目的として、公務員採用試験や電気通信主任技術者国家試験などに出題された過去の問題を改題して出題することも行った。それらの問題に取り組ませることにより、材料力学の科目としての重要性の浸透も図られたと考えている。

複数回の演習の後に、演習解説の時間を設け、解答のポイントを伝えることで、学生の理解を深めた。解説の中で、問題の解答の際に図を描いて考えることが重要であることを伝えると共に、別解の説明などを加えるなどの工夫により、理解度の向上や実践力の醸成に繋がるような指導を行った。

3. おわりに

本稿では、工学部2年次学生に対して実施した材

料力学演習の指導案の概要を示した。演習を通じて、講義で学習した材料力学の基本概念の理解を深め、材料力学の問題を解く実践力を醸成することを狙いとして指導案を作成した。将来の機械系技術者の育成という重要な役割に少しでも貢献できるよう、今後も尽力していきたい。

謝辞

本稿の執筆にあたり、本科目を共同で担当した工学部機械工学科齋藤博之教授に多大なるご指導・ご教示を賜りました。心より感謝の意を表します。

参考文献 等

- (1) 三好俊郎、白鳥正樹、尾田十八、辻裕一、于強、「大学基礎 新版 材料力学」、実教出版、2011.
- (2) 小山信次、鈴木幸三、「はじめての材料力学第二版新装版」、森北出版、2014.

