

# 力学に関する接続教育に対する取組み

大東 延幸\*・十河 茂幸\*

(平成25年10月31日受付)

## A study of connection education for structural mechanics

Nobuyuki OHIGASHI and Shigeyuki SOGO

(Received Oct. 31, 2013)

### Abstract

The construction engineering practice starts a course at the second half term of the first -year student. The purpose of this lecture is to arrange the lowest line of student's scholastic attainments, the reason is for the student to understand the mechanics system lecture the experiment practice since two annuals surely.

We have three targets. First, the students are made to understand a rudimentary theory on the theory of structures. Secondly, the students experiment on the model of the beam so that the students may "touch" and understand physical properties. Thirdly, the students are made to acquire technological ideas and ability by understanding the thing and the mechanics that the report writes. We achieved the purpose and were able to arrange scholastic attainments because the student was able to study the mechanics system lecture and the experiment practice continuously roughly. The reason is that the communication of doing student, student and teacher and SA improves as for various devices.

**Key Words:** construction engineering practice, acquire a technological idea, communication

### 1. 力学の接続教育が必要な背景

工学部の建設系の教育において力学系の科目は構造物の設計・施工・維持管理等に必須でしかも基幹となる専門教養であり、その履修にあたっては高校の数学と物理（力学）を履修していることが望まれる。

しかし、多様な学習歴を持つ学生が入学している中、土木系の学科である都市デザイン工学科においては入試科目に物理が必須ではない入試区分があるため、これを履修していない者が2割程度いる。加えて近年の学生は、これまでにいわゆる「モノ」に触れている機会が少なく、高校の物理の時間に行っていた実験、例えば、バネの力と伸びの実験等を行っていない学生も増えている。それゆえ、体験型学習を増やす必要に迫られている。

本学科での1年次生は、専門基礎科目の物理を履修するが、2年次より力学系の専門教育科目である構造力学Ⅰ他が始まる。その理解に必要な能力が不十分である可能性も高く、いきなり力学系の専門教育科目を行うのは問題がある

本学科が都市デザイン工学科に名称変更する前は都市建設工学科という名称であり、2年次前期の「建設工学実習Ⅰ」において前述の様な問題点を解決するため、力学教育における接続教育を行っていたが、カリキュラムの変更でこのような内容を引き続き行うことができなくなった。そこで昨年度、1年次前期の「総合ゼミナールⅡ」において以前の「建設工学実習Ⅰ」で行っていた内容を踏まえた力学教育における接続教育を行った。

\* 広島工業大学工学部都市デザイン工学科

## 2. 「力学の接続教育」に関する問題点の整理

これらの背景を踏まえ、2012年度に行った「総合ゼミナールⅡ」では、この時期の構造系教育の現状の問題点を以下の3つと認識し、これらの解決策を取り込もうとした。

(1) 構造力学の初歩である静定条件・支持反力の理解、と単純梁の応力分布の理解が不十分である。また、これらの理解が不十分な理由に論理と実際・実物の接点の不十分である。

(2) 2年次以降、専門系の講義・実習が始まるが、これまでのカリキュラムでは、いきなり専門的な実験が多く、多様な学習層を持った学生の中にはギャップが大きい学生がいる。

(3) 既に1年次においてレポートは、各講義の中で書いているが、日本語・内容・構成等で、レポートを通じて実験・実習を工学的に整理するという思考が行われていないという問題がある。

これらの問題点を克服する工夫を「総合ゼミナールⅡ」に取り込み、2年次以降の、力学系講義・実験実習等に追いつける能力を身につけさせる必要があると考えた。

## 3. 「総合ゼミナールⅡ」の位置付けと目的

前節の問題点を克服するため、「総合ゼミナールⅡ」の位置付けを「2年次以降の、力学系講義・実験実習等に確実に追いつかせるために、最低限の足並みを揃えるための接続教育としての位置付け」とし、具体的には、以下のような目的を定めた。

目的 (1) 構造力学の初歩的な理論を理解する  
・具体的には→静定条件・支持反力の理解させる  
→単純梁の応力分布を理解させる

目的 (2) 学生が「モノ」に触れ、物性を理解する  
・具体的には→ゴムと梁の模型を用いた実験を行う  
→実験結果と論理の整合性の理解

目的 (3) レポートの書くことを通じて力学の理解、と共に、工学な思考能力を身につける  
・具体的には→実験のレポートまとめる時間を設ける等、全学生が、上記の目的を理解する工夫を行う

これらの目的を通じて、理論・体験(実物)・レポートによる理解を密接に連携させ、ここから物理と力学の接続教育となることを目的とした。

## 4. 「総合ゼミナールⅡ」のスケジュール

このような位置付けと目的を実践するため、2012年度の「総合ゼミナールⅡ」は、1コマ90分の15回の授業を、ガイダンス1回、講義3回、見学会を2回、そして後述する実験実習を計9回の構成とした。

最初のガイダンスでは前節で述べたこの講義の位置付けと目的を説明した。原則として毎回、十河・大東の2人の教員とSAが2名の合計4名が常時張り付き、極力マンツーマンに近い形で実習・指導を行った。なお本年度受講した学生は60名であった。

## 5. 「学生が「モノ」に触れ、物性を理解する」ための一連の実験実習の内容

ここでは「ゴム板の引っ張り実験」「プラスチック製の梁の曲げ」「金属パイプの曲げ」の3種類の実験を1種類の実験につき(1)全体説明、(2)実験実習(3)実験結果の整理・レポート作成、の順に3回のコマを使い、前節で述べたように計9回のコマとした。

### (1) 全体説明

具体的な進め方であるが、まず「全体説明」を、講義室で行った。最初に受講学生60人を出席番号順に8つの班に分け班ごとに着席させた。次に、前述したようなこの総合ゼミナールⅡの位置付けを説明し、実験の趣旨を理解させた。その後、「実験の手引き」を各人に配布し、次回からの実験の内容と目的・趣旨を説明した。同時に二つ穴のフラットファイルも配りは毎回配るプリント類をひとつにまとめられるように配慮した。

### (2) 実験実習

次に、各実験について説明する。いずれも「モノ」に触れる事と、レポートをまとめることを通じて力学の理解、と共に、工学な思考能力を身につけるに重きを置き教員・SAも積極的に話し掛ける事に努めた。ここでは、前述のとおり1)引張り実験として「ゴム板の引っ張り実験」と2)梁の模型の曲げ実験として「プラスチック製の梁の曲げ」「金属パイプの曲げ」の実験を行った。

1) 引張り実験:ゴム、塩化ビニールを用いて、材料の違い・断面形状の違いから、縦および横ひずみ度を求め、そこから弾性係数およびポアソン比を求める。

2) 梁の模型の曲げ実験:アクリル、塩化ビニール、アルミ、銅を用いて、材料・断面形状の違い(矩形断面・パイプ)から、変位量を求め、そこから弾性係数を求める

これらの実験では、実験用ボードを使用した。どちらも1cm厚のベニヤ板に足をつけ、垂直に立つようになっており、使用にあたっては図1に示すように、クランプで机に固定した。この実験台を作った趣旨は、学生が、実験したい内容・項目に専念できるように、供試体などが簡単に支持できるように工夫したものであり、実験の迅速化、正確化、記録のとりやすさを狙ったものである。青い実験用ボードは、5cmピッチで5mmの穴を開け、実験の際は直径5mm・長さ20mmの木のピンを必要な個所に挿して供試体などを設置するように作ったものである。引っ張り

実験に用いた供試体は、ゴムあるいは塩化ビニールの上下にアルミ板を接着し、図2に示すように針金をかけて、ゴムや塩化ビニールが、その全断面に均一に応力が加わるように工夫している。また、ゴム供試体は2種類の断面の物を作り、断面形状が違えば、縦と横のひずみ度は異なるが、弾性係数は同じになることを学生に理解させ、塩化ビニールは、ゴムと同じ断面とし、材料が異なれば、断面形状が同じでも、縦と横のひずみ度は異なり、弾性係数が異なることを学生に理解させるようにした。

梁の模型の曲げ実験では、図3に示すように、供試体がアクリル、塩化ビニールの物は、断面を長方形断面とし、同じ材料で長辺方向を縦にした場合と、短辺方向を縦にした場合で、変位量が異なるが、弾性係数は同じになることを学生に理解させ、材料が異なれば、断面形状同じでも縦横の変位量は異なり、弾性係数が異なることを学生に理解させるようにした。アルミ・銅は、パイプを用いて、変位量に方向性が無いことを学生に理解させ変位量は異なり、材料が異なれば、断面形状同じでも、弾性係数が異なることを学生に理解させるようにした。

また、引っ張り実験・梁の模型の曲げ実験に用いた供試

体はいずれも図2に示すように、等間隔にグリッド線を記入してあり、変位の様子が、判り易いようにしてある。これは学生がレポートをまとめる際に、携帯のカメラで実験の様子の画像を貼り付けることが多かったのだが、必ずしも明るくない実験室で、携帯のカメラ程度の画像でも変位の様子が上手く写り、効果的であった。次の構造実験にも共通することであるが、回を重ねる毎に、学生同士、学生と教員・SAの間の信頼関係がかなり出来ていることと、単にレポートを作成するだけでなく、いかに自分が理解しているかを示す工夫を各学生が自主的に始めた。図5はデジカメで供試体の変形した様子を写している光景だが、誰もが持っている機器がレポート作成の役に立つことに気付くと同時に、全員がカメラ付き携帯を持っているわけではないので、後で画像データを共有する段取りを考えたり、カメラの画像をレポートに取り入れることが、パソコンでレポートを作成することにもつながり、相乗的に全ての学生が工夫を始める事につながった。

### (3) 実験結果の整理・レポート作成

最後に講義室で、実験結果の整理・レポート作成を行う際は、その際、班同士の学生と相談してレポートを作成す

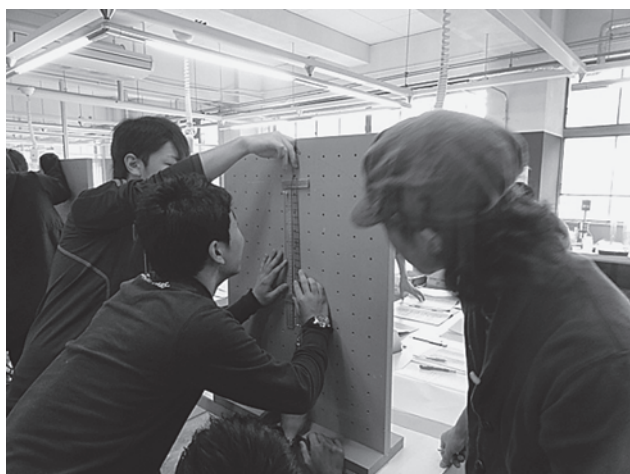


図1 実験用ボードを用いた様子



図3 プラスチックの梁の模型の曲げ実験

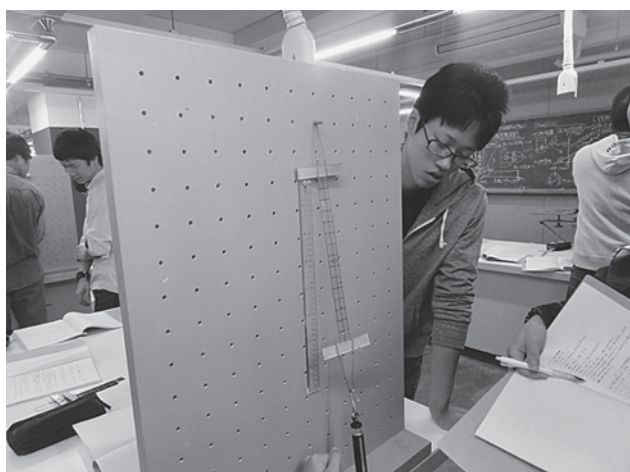


図2 ゴム板の引張りの実験



図4 金属パイプの曲げ実験





図5 実験のレポートに向けた記録（構造実験）

ることを進め、教員・SAも積極的に話し掛ける事に努めた。レポートは次週までの提出とした。

この構造実験は、全ての班に同じ供試体を用い、同じ実験を行ったが、当然のことながら各班の結果は異なってくる。レポート作成を通じて、お互いが自由に話し合える雰囲気の中で異なった結果を一同に見ると、学生は、なぜ結果が異なってくるのかという「考察」を自然と行うようになる。これまで「考察」という行為が理屈ではわかっていたとしても、単なる実験の感想で終わっていたのが、このような場で「考察」の意味を理解することによって、工学的な思考が養われた。これは提出させたレポートの内容からも確認できた。

このような学生が「モノ」に触れ、物性を理解する時間は、全体説明理解→実験→レポート作成を通じた結果の整理・理解、の繰り返しによる理解力の強化に功を奏した。また、実験の間、各教員・SAも、単に学生からの質問を待つのではなく積極的に話し掛ける事や、レポート作成の際には他人のレポートを参考にし、講評会の時には他人の発表を知る機会を作り、学生各人が、色々と工夫を始める仕掛けを作ることができた。さらに、実験の際に用いた教材の工夫も加わり、学生の理解もレポートの内容から、目標とした基礎的な構造力学の理解が出来ていることが確認できた。レポートだけでなく実験中も、自主的にいろいろと工夫するようになった。レポート作成をある程度、班同士の学生と相談してレポートを作成することを進め、教員・SAも積極的に話し掛ける事に努めたので、適度に教員・SAの目があるので、露骨な丸写しは無いという効果もあった。このように予想以上に成果があったが、学生同士、

教員とSAと間に、話しやすい雰囲気ができていたからだと考えられる。

## 6. 評価について

「総合ゼミナールⅡ」の目標は「2年次以降の、力学系講義・実験実習に確実に追いつかせるために、最低限の足並みを揃えるための導入教育的な位置付けとする。」であるため、あくまでも、学生の最低限の足並みを揃える事が目的である。そのため、内容的には必ずしも高度ではない。

従って、評価は主に、出席、レポートの内容、丁寧さ、実習中の態度（服装等）で行い、いわゆる学力的な力差をつけるようなことは積極的には行わなかった。

また、この、「総合ゼミナールⅡ」は、導入教育的な位置付けであるため、当該年次（1年次）で履修しなければ意味が無い。上記のように、内容的には必ずしも高度ではないが、一定のレベルに達していない学生が60名中21名いた。理由は主に出席とレポートの内容であるが、これは特に最初の方で、今一步、全体のペースに着いていけず、評価の合計が足りなかった者である。これらの者については、夏休みに補講を行い、21名中、どうしても出席しなかった1名を除いて合格の評価を与えた。

## 7. まとめ

昨年度から「総合ゼミナールⅡ」を力学教育としての継続教育を取り入れ、建設・土木系学科である都市デザイン工学科における、1年次前期という時期の力学教育の問題点を解決する工夫を織り込んだ。

振り返ってみて、やはり、学生同士、学生と教員・SAとの間の意思疎通が良くなったことが、最大の成果であり、上手くいった事例と考える。信頼関係の構築は、帰属意識の育成にもつながり、各種の工夫が大切であると、改めて痛感した。

また、当初の目的であった、力学系講義・実験実習に追いつかせるための、最低限の足並みは、ほぼ揃えられたと考えていたが、本年度の力学系の講義の結果は、かならずしも良いとは限らず、来年度へ向けて、整理すべき点もあり、今後改良する予定である。

## 参考文献

- 1) (社)鋼材倶楽部鋼構造教材作成小委員会編：実験でわかる構造力学の基礎、技報堂出版