

# 基礎力学教育に関する体験型学習教材作成と運用の試み

石井 義裕\*・大東 延幸\*・村中 昭典\*・今川 朱美\*

(平成20年10月31日受理)

## Management and Making Experience Typed Educational Tools for Basic Structure Engineering

Yoshihiro ISHII, Nobuyuki OHIGASHI, Akinori MURANAKA and Akemi IMAGAWA-SATO

(Received Oct. 31, 2008)

### Abstract

A lot of students of our department don't fully study physics and mathematics in the high school. Therefore, some problems occur, one of which is for them to be unable to understand mechanics in education of civil engineering. They are not able to image the concrete mechanics. We try to make and operate the experience-typed educational tools for the basic structure engineering as one of the methods of solving the problem. Four kinds of tools are made and are used in "Practice of Urban Engineering", which is given the fourth semester. These are as follows: (1)the stress and the strain, (2)the section shape and the deflection, (3)the three dimensional image for the bridge, and (4)the structure of the supporting point. A lot of students feel the necessity of the experience-typed learning tools according to the results of the questionnaire conducted after they studied it.

**Keywords:** Structure education, Experimental type study, Teaching material

### 1. はじめに

広島工業大学工学部都市建設工学科においては平成19年度よりAO入試をはじめとする各種の入学試験を実施し、多様な学習歴の学生を入学生として迎え入れている。本学科では、将来の建設技術者を養成するために、高等学校における数学Ⅱ・数学Ⅲ・物理の履修を前提とした力学科目を中心とするカリキュラムを構成している。このため学生の入学後の学習には少なからず困難があり、入学前教育や学習支援センターの設置により対応を行っている。都市建設工学科においては1年次後期に「構造力学Ⅰ基礎・応用」、2年次前期に「構造力学Ⅱ基礎・応用」を開講し

構造力学の基礎的事項を習得することを目標としている。また1年次には物理学・数学の科目も多数開講されており、高等学校等の接続教育にも力を入れている。しかしながら、多様な履習歴を有する学生（特に高校で物理を学習していない学生）にとり、構造力学の概念的な理解は不足しているようである。そこで、本学プロジェクト教育センター「専門教育における体験型学習のための教材開発センター」（平成18年度・19年度）として「力学系科目の体験型学習教材の開発」をテーマとして、力学系科目の理解度を向上させる「体験型学習」を実施するための教材の作成を行い、その一部については成果を発表<sup>1)</sup>している。

\* 広島工業大学工学部都市建設工学科

表一 授業構成

第1週：[a] 事前学習・問題演習 [b] 教材実習
第2週：[a] データ整理 [b] レポート作成
第3週：[a] プレゼンテーション [b] 事後学習



写真一 事前学習

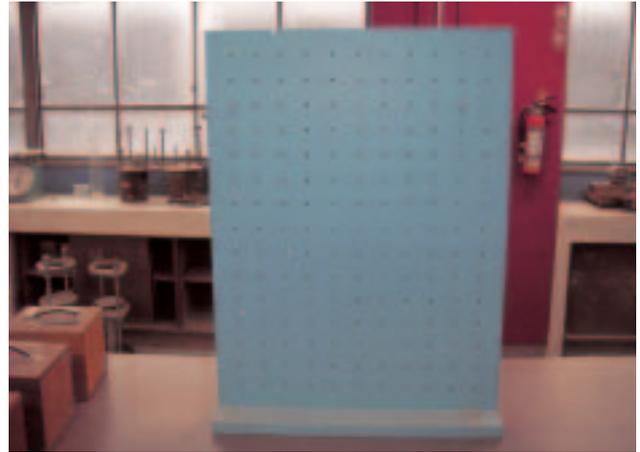


写真二 事後学習

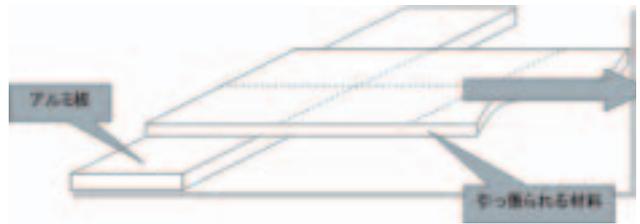
## 2. 期待される効果

本教材を用いて期待される効果を以下に示す。

- (1) 体験型学習の充実により、高等学校における物理の未履修などの多様な履修歴の学生が持つ「苦手意識の克服」と、2年次から本格的に展開される専門教育へのスムーズな導入をおこなう。
- (2) 座学型講義の並行実施は、数学・物理の得意な学生にとっても、現象の体験が「数式・力学の持つ意味をよ



写真三 汎用力学教材ボード



図一 引っ張り教材



写真四 引っ張り教材

り現実的に捉える」ことに繋がる。

- (3) 本教材を用いたグループ学習の形式をとることで、個々人の能力向上がはかれると共に、グループ内でのコミュニケーションや協業作業の大切さを実感することができる。
- (4) さらに「得意な学生が不得意な学生に教える」という「学生共助による学習効果」が期待できる。

## 3. 教材の作成と運用

### 3.1 教材の運用

本教材を用いる講義は「都市工学実習（2年次前期開講・選択科目）」であり、毎週4コマ（1コマ45分）で構



写真-5 引っ張り実習



写真-7 曲げ実習

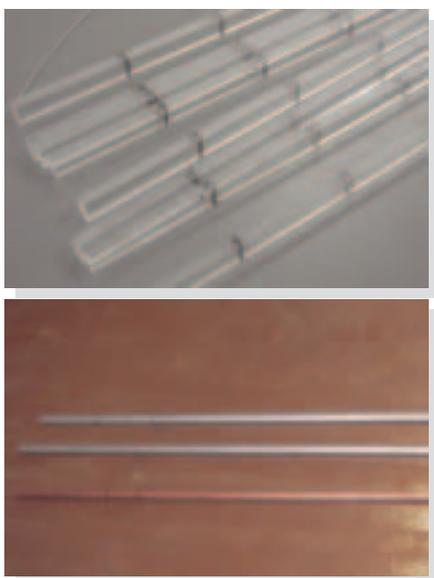


写真-6 曲げ教材

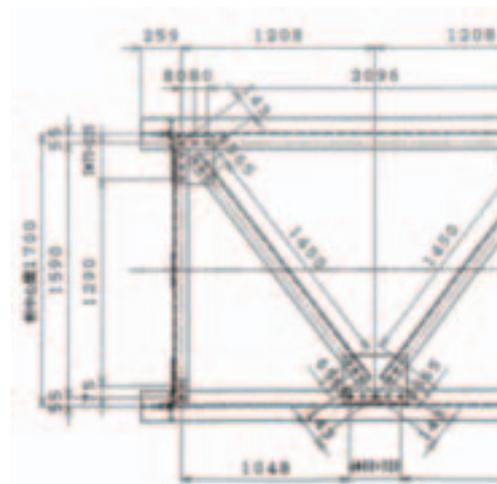


図-2 二次元図面

成されている。2007年度と2008年度では多少異なった方法で行った。2007年度には3週を1セットにして、2008年度には2週を1セットにして実施した。本論文では2007年度に実施した方法を示す。

4コマを前半2コマ([a])と後半2コマ([b])に分け、表-1に示すように第1週では、[a]で対象とする事項について問題点を洗い出し、[b]で教材実習を行う時間としている。教材実習は約5名を1班としたグループ学習としており、各班には教員もしくはTA1名が実習指導・安全確認に当たっている。第2週には教員の指導の下でデータ整理・レポート作成を行う時間としている。レポート作成は班単位での相談も推奨しており、さらに教員とTAの巡回指導により、不明点を時間内に全て解決することを目標としている。第3週には、[a]で作成したレポートをもとに班ごとにプレゼンテーションを実施し、[b]で全員で

問題設定・解決方法・データの検証を行っている。以下の写真-1、写真-2にそれぞれ事前学習・事後学習の様子を示す。

### 3.2 教材の概要

教材としては、構造力学の基礎項目に焦点を当て、(A)「応力と歪み」、(B)「断面と強さの関係」、(C)「3次元視点からの橋梁部材の理解」、(D)「支点の構造」の4つの課題を解決するために、それぞれ異なる教材を開発した。

### 3.3 課題(A)に関する教材

課題(A)(B)では汎用力学教材ボードを用いた実習を行う。写真-3に示す装置と教材は参考文献2に示されている教材を参考に作成した。汎用力学教材ボードは縦80cm、横60cmの板に5cm間隔で孔があけてあり、ピンをたてることで各種の教材を懸架・支持できるようになっている。教材としては「引っ張り教材」を準備した。この「引っ張り教材」は図-1に示すような両端にアルミ材を接合したゴムならびに塩化ビニルを試験体とした。作成した引っ張り教材を写真-4にしめす。この教材により「フックの法則」、「ヤング係数」、「応力と歪みの関係」を体験的に

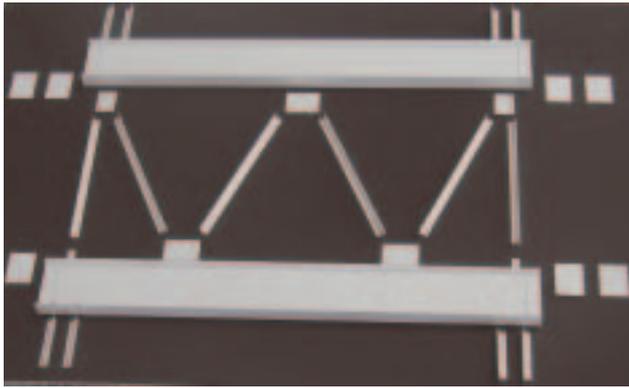


写真-8 橋梁構造模型

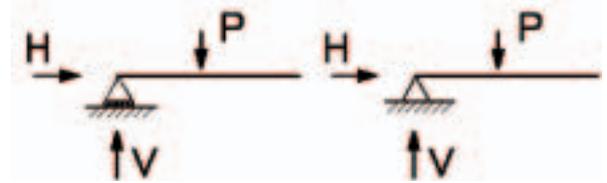


図-4 支点



写真-12 支点の構造模型

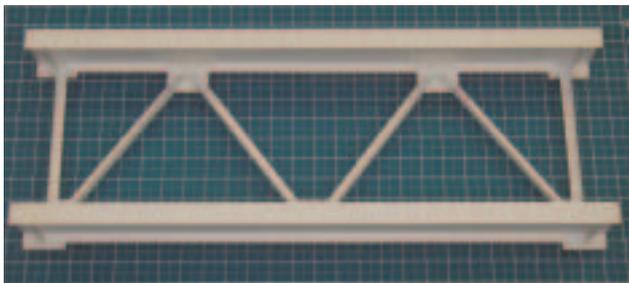


写真-9 組み立て模型



写真-13 固定支点



写真-14 可動支点

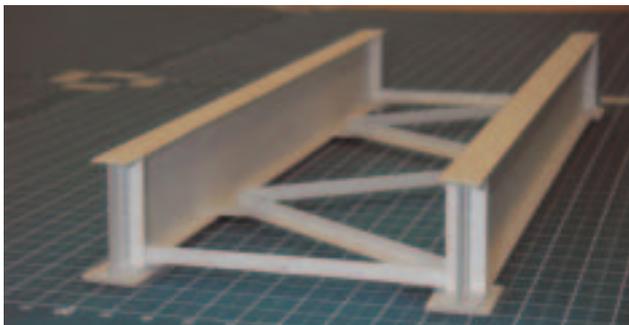


写真-10 複雑な箇所

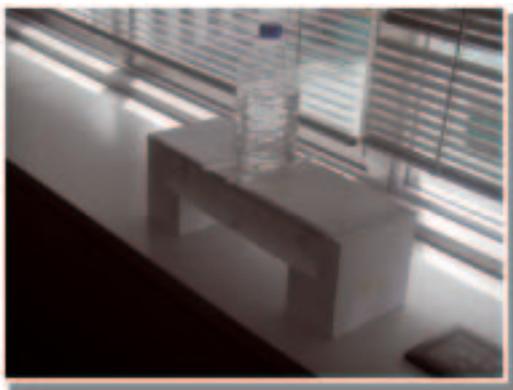


写真-11 1kgの载荷に耐える橋

学習することが出来る。実習の様子を写真-5に示す。

### 3.4 課題(B)に関する教材

曲げ教材は写真-6に示すような長方形断面の亚克力角棒、直径約3mmの真鍮丸棒、銅丸棒を用いて行った。試験体はそれぞれ写真-7に示すように、汎用力学教材ボードを用いて支持し、中央部をバネばかりにより引張り、中央部のたわみを測定する。これにより、「荷重とたわみの関係」が求められる。たわみ量 $\delta$ と荷重 $P$ の間には式(1)が成り立つが、角棒を用いる場合、式中の断面二次モーメント $I$ は式(2)により断面幅 $B$ と断面高さ $H$ により求められる。そのため、長方形断面の試験体を用いた場合には、断面形状によりたわみ量が異なることについて体験的に理解が深まり、構造物の形状と強さについて学習することが出来る。実習の様子を写真-10, 11に示す。

$$\delta = Pl^3 / 48EI \dots\dots\dots (1)$$

$$I = BH^3 / 12 \dots\dots\dots (2)$$

### 3.5 課題(C)に関する教材

「3次元的視点からの橋梁部材の理解」の課題では基礎的な橋梁模型を作成する実習用教材を作成した。都市建設工学科においては、将来の職業につながる橋梁の製図や

CADを学習するが、これらの科目を受講する学生のもつ二次元の図面と実際の土木構造物である三次元の実物の認識における非常に大きな乖離を、解決しようとするものである。

図-2に示すような二次元の図面に対して、どのような部材が、組合わさって構造物が構成されているかを、三次元の部材として作成したものが写真-8である。この三次元の模型を実際に組み立てたものが写真-9である。特に写真-10に示すような部材が複雑に重なる箇所については、三次元の教材を用いた方が学生の理解は深まるようである。この模型を、30cm程度に拡大した模型は、高大連携授業でも用いており、コピー用紙で作成しているにもかかわらず載荷重量1kgに耐えており、参加した高校生の興味も得ている(写真-11)。

### 3.6 課題(D)に関する教材

1年次では単純梁の「反力」や「支点」について学習を行い、図-4のような可動支点(図-4左図)とヒンジ支点(図-4右図)、さらに固定支点をもちいた説明が行われる。図中のPは荷重、Hは水平反力、Vは鉛直反力を示すが、力の向きや大きさ以前に支点の構造がイメージできていないようである。そのため、2年次に学習する「曲げモーメント」や「せん断力」「たわみ」に上手く接続が出来ないようである。

そこで、課題(D)では「支点の構造」を視覚的に学習できるための教材を写真-12のように作成した。教材自体

は非常に簡単な構造であるため、学習者自身が作成することも可能である。教材をただ見るだけでなく、学習者自身が作成することで、理解は一層深まることが期待できる。写真-13には固定支点を、写真-14には可動支点(写真中は移動支点と表記)を示す。可動支点は梁のたわみに応じて左方向に移動することが出来るようにしてある。

## 4. おわりに

本教材の作成と運用により得られた知見を、以下に示す。

- (1) 体験型学習を実施することで、座学で学ぶ力学が、どのようにして導かれたのかを学ぶことができた。
- (2) 本教材の使用による体験型学習は基礎的な力学の理解度・解決能力向上の一助となると考えられる。
- (3) 教材の適切な使用時期、教材内容の充実、座学との連携・併用など、適切な運用に関しては今後改良の余地は大きく、教員間の連携も密に行なう必要がある。

## 参考文献

- 1) 石井義裕・大東延幸・村中昭典・今川朱美：基礎力学教育に関する体験型教材作成と運用の試み，平成20年度 工学・工業教育研究講演会 講演論文集，8-109，2008。
- 2) (社)鋼材倶楽部鋼構造教材作成小委員会：実験でわかる構造力学の基礎，技法堂出版，p.144，2000。  
(連絡先：y.ishii.pu@it-hiroshima.ac.jp)