

## 構造力学及び鋼構造学のための教材開発

舞鶴工業高等専門学校 正会員 玉田 和也

### 1. はじめに

現在の日本では、橋梁の維持管理を行う技術者が不足している。それに対し点検技術者を養成するため、舞鶴高専では社会基盤メンテナンス教育センターを立上げ活動を続けている。そこでは、構造物の劣化や損傷の要因、点検の着目点などを講習しているが、点検する対象物の設計思想や力学的な特徴、建設工法などの基礎的な知識は素養として必要であることは言うまでもない。しかし、構造力学や鋼構造学の素養が豊ではない人が点検技術者を目指している場合もあり、学び直しの機会を切望している。

一方、舞鶴高専では2年生から5年生の4年間をかけて構造力学と鋼構造学を教授しているが、学年が進むにつれ学生によって得意・不得意が明確になり成績分布がふたコブ形状になる状況が続いている。学年進行で教える内容が進むため、一箇所で躓くと連鎖的に解からなくなるパターンが多い。

### 2. 研究目的

本研究では、構造力学及び鋼構造学の理解困難となる要因分析を行い、分析結果をもとに問題解決方法を模索する。中でも教える技術の一つとして考えられる、教材模型の開発を行いその効果を検証することを目的とする。

### 3. 要因分析

構造力学の追試験対象者に対しアンケート及びヒアリングを行い、構造力学や鋼構造学での理解困難箇所の分析を行った。分析の結果、講義運営や学校システムの問題、教科特有の問題、学習者の理解度・認知度の問題、学習者の意識・意欲の問題の4つに分類した(図1)。さらに学習者の理解度・認知度の問題は空間認識、数学能力、論理的思考能力の3つに分類した。

### 4. 対策方法

理解困難箇所要因に対する対策については種々あると思われるが、本研究では、e-ラーニング、ビデオによる学習、教材模型による3つの学習方法を考えた。

e-ラーニングの場合、長所は時と場所を選ばず何度でも繰り返し勉強できること、音声が入っているため、見て聞いて学習することができるなどがある。一方短所は、本人のやる気次第で学習効果が大きく変化するなど受動的であることが問題である。ビデオによる学習の場合、長所は教科書だけの時に比べて多くの情報を得られ、臨場感や物体の挙動がよくわかるなどがある。一方短所は、ビデオの内容良否による影響が大きく、興味がない学生はビデオを見ないなど、ここでも受動的であるところに課題がある。

これらに対し能動的に取り組むことのできる教材模型は、3Dプリンタの普及によりその可能が広がり、オーダーメイドの教材の作成が可能となった。本研究では、3Dプリンタを利用した構造力学及び鋼構造学に関する教材模型の開発とその検証について述べることにする。

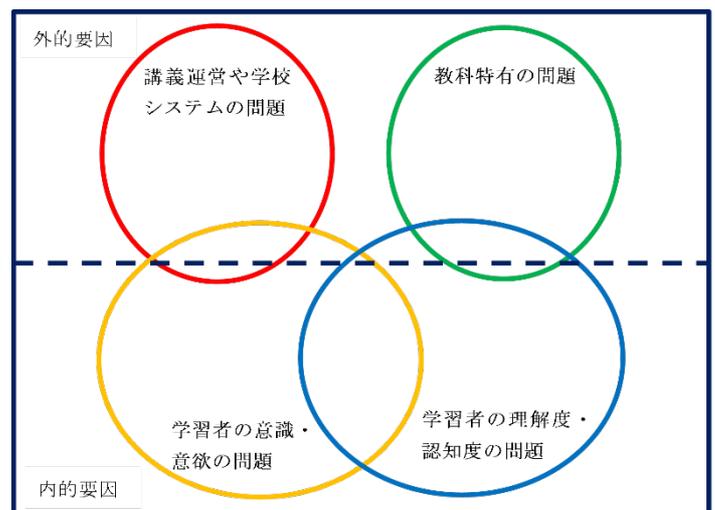


図1 理解困難箇所の要因分析結果

キーワード 構造力学, 鋼構造学, 教材, 模型, 3Dプリンタ

連絡先 〒625-8511 京都府舞鶴市字白屋234 舞鶴高専建設システム工学科 e-mail:tamada@maizuru-ct.ac.jp

### 5. 模型の作成

構造力学及び鋼構造学に関して学習者の理解度・認知度の問題解決を行うべく、3Dプリンタ(写真 1)を用いた教材模型を作成した。作成した教材模型及び理由を以下に示す。



写真 1 3Dプリンタ

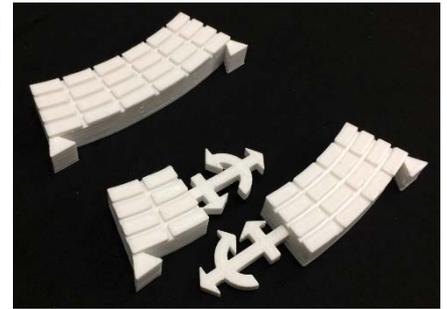


写真 2 梁の内力

- ・構造力学[内力模型(写真 2~4)]：断面力の正の方向の定義であり，変形や断面図を考える上での重要項目である。[ラーメン構造の変形模型(写真 5)]：変形図のイメージが支承条件によって異なることを理解することが難しい。

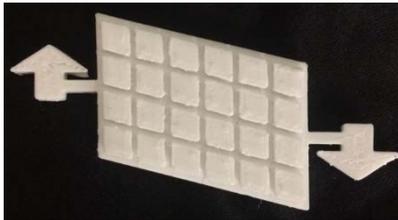


写真 3 せん断力

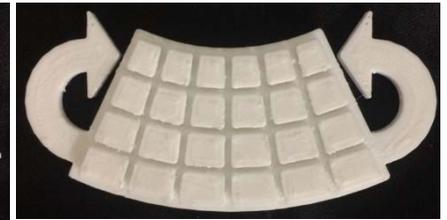


写真 4 曲げモーメント

- ・鋼構造学[高力ボルト摩擦接合模型(写真 6)]：力の流れがイメージできない。[溶接接合模型]：溶接方法の種類と特徴が理解しづらい。

### 6. 教材の検証

作成した教材模型を用いた体験型学習を行い，その効果を検証した。対象者は，舞鶴高専建設システム工学科5年生10名と4年生10名の学生に体験型授業を行い，アンケート及びヒアリングを行った。アンケートではそれぞれの項目で，模型を使うことで理解が深まったのかどうかを尋ねた。結果を表 1 に示す。

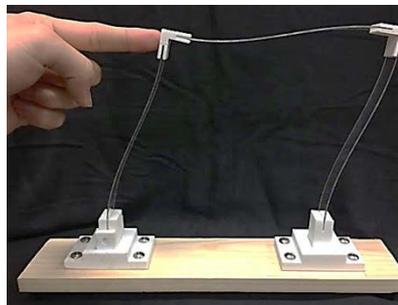
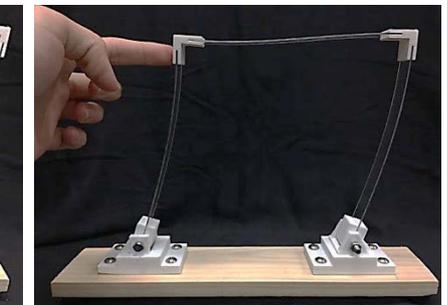


写真 5 ラーメンの変形(固定・ピン)



### 7. まとめ

模型を使用した体験型授業を行った結果，模型があることで空間認識の手助けとなり，理解度・認知度の問題解決につながる。また，模型を使用することで講義に集中できる，遊び感覚で学習できるなど，学習者の意識・意欲の問題も改善できる可能性を示すことができた(図 2)。初教育や再教育を行うにあたり，模型教材が強力な学習ツールとなることが明らかとなった。



写真 6 高力ボルト継手

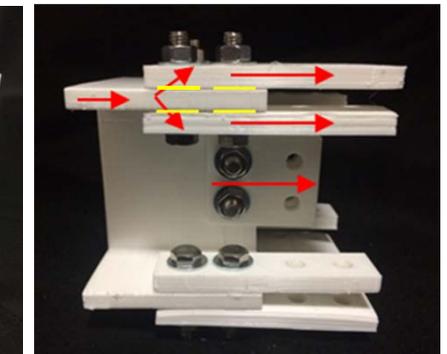


表 1 理解が深まった学生の割合

内力	断面力の正の方向	75
	内力の意味合い	65
	切断面内部に働く力の分布	90
ラーメン	固定支点の変形	90
	ヒンジ支点の変形	95
	ローラー支点の変形	90
	ラーメン構造の変形	95
摩擦接合	高力ボルト摩擦接合のしくみ	100
	高力ボルト摩擦接合と普通ボルト接合の違い	80
	ワッシャーの効果について役割	90
	ボルト一群の考え方	80
	高力ボルト摩擦接合の設計	80
溶接接合	すみ肉溶接とグループ溶接の違い	100
	すみ肉溶接	100
	グループ溶接	100

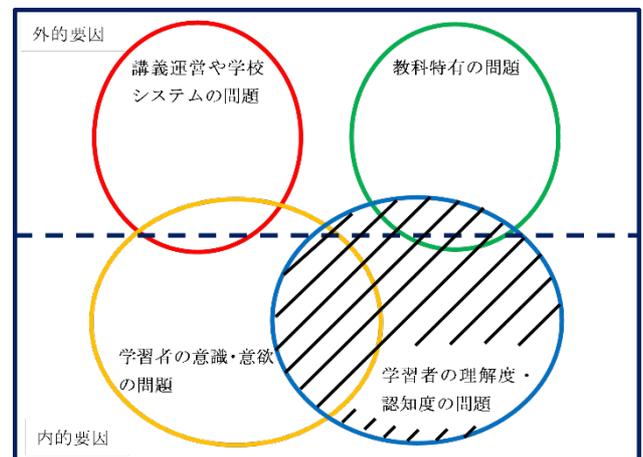


図2 教材模型による効果