

## スチレンペーパー模型の簡易実験システムを用いた構造教育とデザイン教育

日本大学 正会員 ○関 文夫

## 1. はじめに

近年、力学系研究室の人気の薄く、計画系や環境系の研究室の人気の高い傾向がある。これは、ゆとり教育の世代背景や、数学離れなど様々な要因が影響していると思われる。しかし、学生側だけの課題でなく、従来通りの理論伝達型の一方的な教育による教育者側にも課題があるのではという仮定から、学生が興味を示し、構造理論と実践的な設計技術を連結しながら、効果的に構造設計を理解できる手法がないか考え、スチレンペーパー模型を用いた簡易実験システムを用いた講義、ゼミナールを試験的に実施してみた。ここでは、これらのシステムを用いた構造教育・デザイン教育の教育戦略と学生の反応について報告する。

## 2. スチレンペーパー模型の簡易実験システムの開発

これまで構造実験というと木材や金属、コンクリートを用いたものが多く、実験供試体を製作するに多大な時間や費用を要していた。ここでは、スチレンペーパーを用いて、講義や研究などで簡単に実験を行える携帯型の実験システムを開発した(図-1)。携帯型データロガーに、ノートパソコンに連結することで、実験結果をリアルタイムに計測、グラフ化できるものである。計測機器は、ひずみ計、変位計、荷重計などを簡易に接続できる(写真-1, 2)。従来の構造実験を代替える目的ではなく、構造特性や造形特性を把握するために、すぐに、どこでも、数多くの供試体を気軽に実験できるように開発したものである。

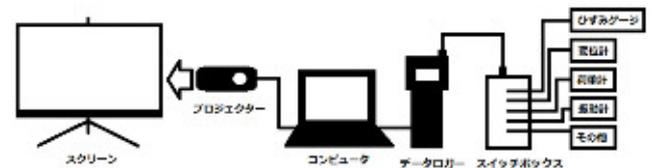


図-1 スチレンペーパー模型の簡易実験システム

写真-1 携帯型データロガー  
とスイッチボックス

写真-2 変位計・荷重系

## 3. スチレンペーパーの材料特性

## (1) スチレンペーパーの物性値

スチレンペーパーは液状のポリスチレンにガスや発泡剤を加え、厚さ数ミリ程度のシート状に引き伸ばすと同時に発泡させた材料である(写真-3)。スチレンペーパーは異方性材料であり、方向によって強度は左右されない。スチレンペーパーの製造元は積水化成成品工業であり、密度は  $0.0667\text{g/cm}^3$  である。

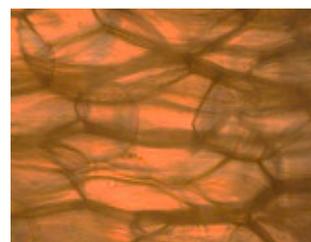


写真-3 スチレンペーパー

の顕微鏡写真

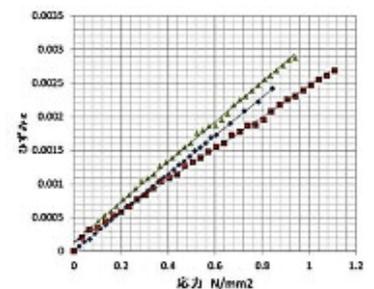


図-2 応力-ひずみ線図

## (2) 引張強度

3 mm厚のスチレンペーパーを用いた標準引張試験の結果は、図-2の応力-ひずみ線図よりスチレンペーパーの弾性係数は  $300\text{N/mm}^2 \sim 350\text{N/mm}^2$  の値となる。また、スパン 420 mm で、桁高を 20 mm ~ 45 mm の 5 mm ピッチでパラメータにした曲げ引張試験から算出できる見かけの弾性係数の結果は、 $150\text{N/mm}^2$  に収束しており、標準引張試験半分となる(図-3)。終局ひずみは、0.0030~0.0033 となる。

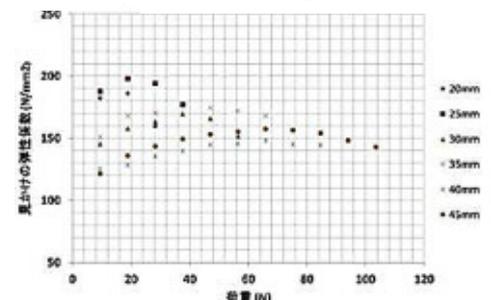


図-3 見かけの弾性係数

キーワード スチレンペーパー, 模型実験, 構造教育, デザイン教, 教育戦略

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 TEL 03-3259-0666

4. 実験システムを用いたデザインモデルの破壊実験

学生が、スチレンペーパーを用いて、任意にデザインしたモデル(写真-4)に、各種ゲージ(ひずみ計)を取り付け、破壊実験を行うことで、その構造モデルの原理や構造特性を知ることができる。特殊な桁構造モデルの演習で製作したモデルであるが、ウェブ内のひずみや下縁のひずみを計測できるだけでなく(図-4)、前述の見かけの弾性係数を用いてたわみの予測や破壊荷重の予測が可能となった(図-5)。



写真-4 構造モデルのひずみ

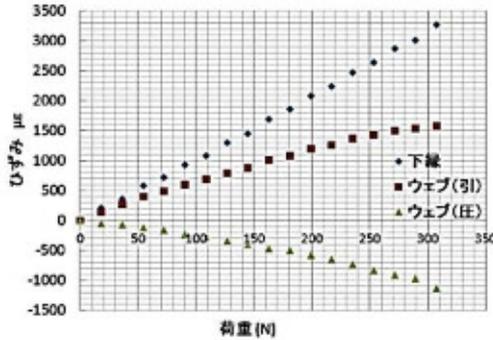


図-4 構造モデルのひずみ

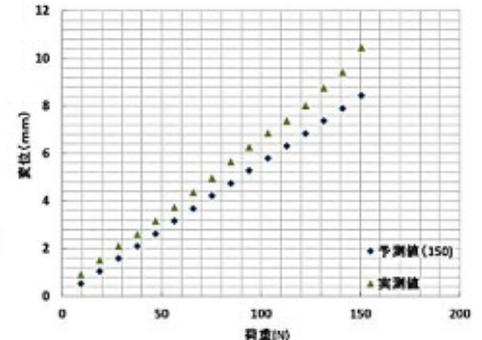


図-5 構造モデルのたわみ量

5. 教育戦略

スチレンペーパーを用いた簡易実験システムを用いて、各学年の講義や研究室のゼミナール、卒業研究などで用いた。

1年生では、断面の性質など基本的な図心や断面二次モーメントの際に、桁高 20 mmと 30 mmをパラメータにおもりを載荷し、剛性が高さの3乗に比例することを見せる1年生には、「力学の理論を現象として理解させる」に着眼している。

3, 4年生では、同じ実験でも 40 mmの桁高では、30 mmより耐荷力もなく、変形する現象を見せる(写真-5, 6)。敢えて、理論から外れた現象を観察させることで、「理論と実践の隙間」を体験させる。この現象は、



写真-5 桁高 30 mmのたわみ

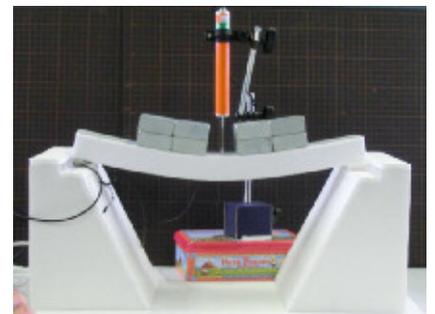


写真-6 桁高 40 mmのたわみ

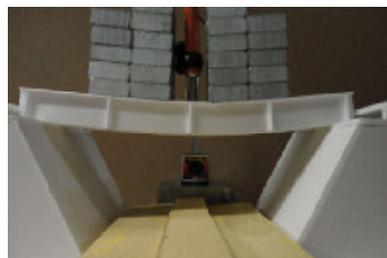


写真-7 補剛版 桁高 40 mmのたわみ

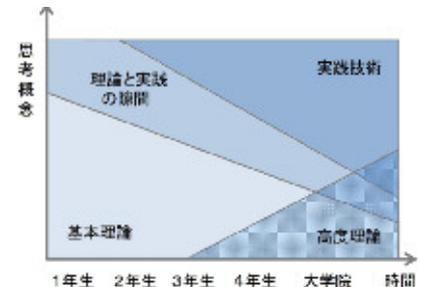


図-6 改良版桁高 40 mmのたわみ

面外への変形を拘束すると理論に適合できることを示唆すること(写真-7)で、理論というものを実際の技術の考え方を理解するものである。こうして、構造理論の教育と実践的な設計技術の橋渡しを図り、理論と実践の隙間を通じて、橋の構造設計論というものを理解させている。もちろん、造形優先の学生も、こうした破壊実験を行うことで、造形と構造の関係を理解することが可能である。さらに大学院では、模型実験と解析、実物の橋梁構造物を用いて「高度理論と実践技術の融合から新しい技術を生み出す」ことに注力している(図-6)。

6. まとめ

スチレンペーパーを用いた構造教育・デザイン教育を約2年間実施してみたが、各学年で構造、力学に興味のある学生は増加している。力学に興味を持たせる鍵は、「理論と実践の隙間」にあるように思える。「理論と実践の隙間」を理解させることで理論により興味を示し、設計技術と何かを理解できるので、学生の設計家教育としても重要である。

参考文献

1)長谷川, 黒輪: 橋梁模型で「理路と実践」をつなぐ教育—日本大学関先生に聞く—, プレストレストコンクリート Vol155, No.2, pp. 78~86, 2013.3