

コンピュータを用いて可視化した構造力学の教育支援システム

広島工業大学 正会員 ○ 岩井 哲
 広島工業大学 正会員 浅野照雄
 広島工業大学 正会員 皆田 理
 広島工業大学 正会員 伊藤秀敏

1. 序

学部の学生を対象に、必修として設けられた構造力学の基礎科目用に、一昨年、専門基礎学力の修得を目指して模型実験とコンピュータシミュレーションを利用した力学教育支援システムを教室内に設置した。力学の理解と学習意欲を増進するため授業に導入して、その効果を確認することができた。^{1), 2)} このシステムは力学の基本的な内容に限定していたが、以下に示す点についてシステムを拡充し教育効果の向上を図ることとした。1) 力学現象のイメージ化による効果は見られたが未だ十分ではない。効果を上げるため、FEM (有限要素法) 等の構造解析ソフトを用いて応力分布のイメージ表現に色彩表示を行うことにした。このイメージづくりは、設計を行うときの力学的センスを養うことにも応用できる。2) 現在は、基本的な構造形式、単純な荷重条件に限られた内容であるが、不静定問題も含めたイメージ化を豊かにするため更に内容を拡張する必要がある。

2. システムの概要

新規に導入した「力学現象 Visual 化システム」は、次の機能がある。

(1) FEM 計算／結果表示

各種構造モデルに対して断面形状・材質・荷重条件等の計算条件を設定画面より入力することで、自動的に FEM 計算入力データを簡単に生成し、FEM 計算を実行し、変形・応力・モーメント・せん断力・軸方向力などの結果を表示する。また FEM で既に計算した結果をファイル選択画面より呼び出して表示することができる。

(2) 可視化モデル試験

部材の変形の様子を実験で表示できるシリコンゴム系モデルを用いて試験を行うことができる。

(3) 材料試験

材料の引張荷重による弾性係数測定・ポアソン比測定や、偏心荷重による変形の様子を表示する。

なお上記 (2), (3) はオンラインモードで、パソコンおよび引張・圧縮試験機 (試験モデル、ビデオカメラ等も含む) 両方の設定／操作を伴う。(1) および (2), (3) はオフラインモードで、パソコ

ン単独で操作が実行可能である。

3. システムの基本プログラム仕様

パソコンの Windows 初期画面において「力学現象 Visual 化システム」アイコンをクリックすると図 1 に示すメニュー画面が表示される。



図 1 力学現象 Visual 化システム メインメニュー

この画面では次の選択を行う。

(1) モデルの選択

処理対象となるはり、トラス、ラーメンなどのモデルを選択する。

(2) 処理モードの選択

“新規計算モード” もしくは “既計算モード” を選択する。“新規計算モード” は新たに任意のモデルの荷重条件等を設定し FEM 計算を行うもので、“既計算モード” は過去に FEM 計算した結果の再現処理を行うものである。

(3) 開始ボタン／終了ボタン

上で設定されたモデル及び処理モードで処理を開始する。または終了確認メッセージボックスが表示され、その指示に従って本ソフトウェアを終了する。

(4) 単位系切換

各画面で表示するデータの単位系 (10^{-6} , 10^{-3} , 1, k, M) を切り換えることができる。

4. 計算結果表示

FEMで材軸法方向に32分割して計算された各モデルの負荷値の変化による状態を、変形ならびに応力分布図、曲げモーメント図(M図)、せん断力図(Q図)、軸方向力図(N図)の4つの図で、負荷値ゼロの初期状態から、最大負荷値の状態までを0~10ステップ(設定負荷値を10段階に分割)で連続的にアニメーション表示することができる。

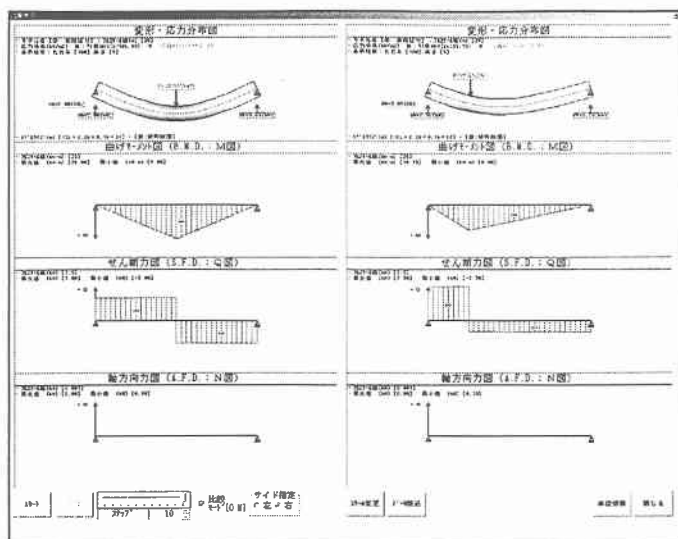


図2. 計算結果表示(比較表示の状態)

また各グラフの描画スケールを任意の値で拡大変更することができる。さらに、画面を左右に2分割して2つのケースの計算結果を比較表示できる(図2)。任意のグラフをマウスでダブルクリックすると、そのグラフが画面一杯に拡大表示される。

応力分布について色で、引張を青で、圧縮を赤でグラデーション表示し、計算結果応力値から最大と最小値を検出し、その絶対値のいずれか大きい方をベースとして上記のように色分けする。

また比較モードがONの場合は、左右2つの計算結果応力値から最大/最小値を検出し、その絶対値のいずれか大きい方をベースとして色分けする。移動荷重による影響線図も描くことができる。

5. 可視化モデル試験

試験モードを“可視化モデル試験”・“材料試験”から選択する。静定の片持ちばり・両端支持ばり、不静定の両端固定ばり・片持ちばり、門形ラーメンなどを対象に、集中・分布荷重によるシリコンゴム系モデルの荷重と変形の様子(図3、図4)を表示することができる。

6. 学生の評価

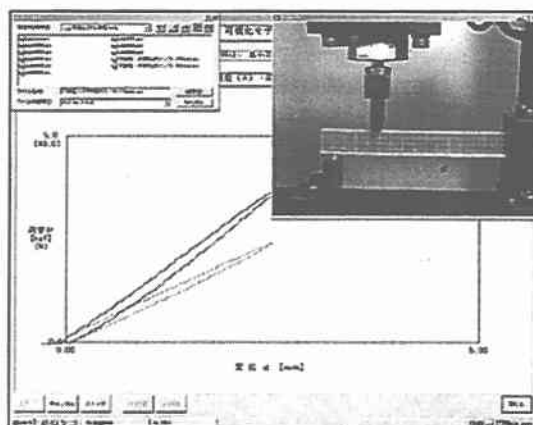


図3 不静定・片持ちばりの集中荷重載荷

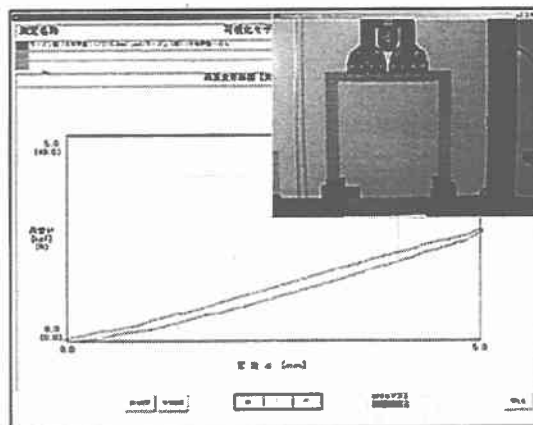


図4 静定ラーメンの分布荷重載荷

受講した3年次学生による当システムの評価は概ね好評であった。「力がかかると同時に変わっていく図を見ることが、その図を考えて予想することはとても勉強になった」、「実際に目の前のものにどのような変化が起こっているのかを理解するのにこのような実験はすごく役立つと思った」、「引張応力と圧縮応力を受ける部分が色分けしてあったので、とてもわかりやすかった」、「1年生の時ひたすら計算問題を解いて応力の分布を知るよりもこの実験のように目で変化を見て知れたかった」といった意見が寄せられた。

参考文献

- 1) 浅野照雄, 皆田 理, 伊藤秀敏, 岩井 哲: 構造力学の理解と学習意欲促進のための教育支援システム, 土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 第52回, 2000年6月, pp. 81-82.
- 2) 浅野照雄, 伊藤秀敏, 岩井 哲: コンピュータを用いた力学現象のビジュアル化に基づくイメージ教育, 第8回情報教育方法研究発表会, (社)私立大学情報教育協会, 2000年7月, pp. 114-115.