

教室で行なえる簡易構造力学実験

東北工業大学 正会員 ○ 秋田 宏
 仙台工科専門学校 正会員 小倉 進
 加藤 才治

1. まえがき

実験室や本格的な実験装置が無い状態で構造力学実験はできないだろうか。交通至便な立地を旨とする専門学校において、現状に歩み寄りすぎた感はあるが、簡便な手製の模型装置を中心にした構造力学実験の展開を試みた。ここで簡便とは、特別な測定装置を必要とせず、肉眼や日常用いるスケールで測定できる範囲を意味している。簡便な装置ゆえに実験精度はかなり犠牲になるが、実際の物に触れる、試してみる、うまく行かなければやり直す、といった体験は何物にも代えがたい。実際、講義だけでは理解できなかった、あるいは誤って理解していた学生が、実験を通じて理解した、誤りに気付いた、あるいは理解が深まったという例にはしばしば出会う。本稿では、今年度初めて実施した内容の概略を報告する。

2. 実験内容

著者らのうち秋田が担当した科目は、構造力学(3時間×16回、4単位)、力学実験(3時間×8回、1単位)であり、実験項目を表-1に示した。ここで、解析とは剛性マトリクス法による解析であるが、5を除いてはすべて結果の解釈のみであり、解析結果から断面力図やたわみ図を描ければ良いとしている。たわみの測定が多いが、7のみダイヤルゲージを用いる1/100mm精度の測定であり、他は1mmのスケールで0.5mmまで測るだけである。以下2例について若干詳しく述べる。

2.1 簡易光弾性実験

正確な光弾性実験は、単色光を用い暗室で行なう必要があるが、簡易な装置で常光(白色光)を用い教室で行なった例が写真-1である。梁の模型がウレタン樹脂製なので、変形が大きくて解りやすく、下縁、上縁の伸び縮みもスケールで測れる程度である。縞次数は主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ に比例するのであるが、この場合は σ_2 がほとんどゼロなので、曲げ応力 σ_1 に比例すると考えて良い。単純梁の4点曲げなので、中央部は純曲げ状態になり、平行な縞模様が現れ、中立軸が0次の縞(黒色)である。もし単色光であれば1次の縞で黒くなるべきところが、白色光では他の色が現れ、本来の縞次数を数えることができない。そこで、主観が入ることを承知の上で、異なる色を1つの縞として数えさせた。したがって、ほとんど精度は期待で

表-1 実験項目

回	項目	内容
1	力のつり合いとモーメント	ニュートン秤の読みから釣り合いを調べる
2	トラスの解析と実験	たわみと部材力を測定し解析結果と比較
3	梁の解析と実験(集中荷重)	たわみとたわみ角を測定し解析結果と比較
4	簡易光弾性実験	4点曲げ単純梁の縞次数と曲げ応力を比較
5	梁の解析(分布荷重)	剛性マトリクス法の解析データの作成
6	ラーメンの解析と実験	門型ラーメンのたわみ測定、解析結果と比較
7	梁のたわみ測定	I型、H型断面単純梁のたわみ測定と比較
8	棒の座屈実験	材質、断面の異なる棒の座屈荷重比較

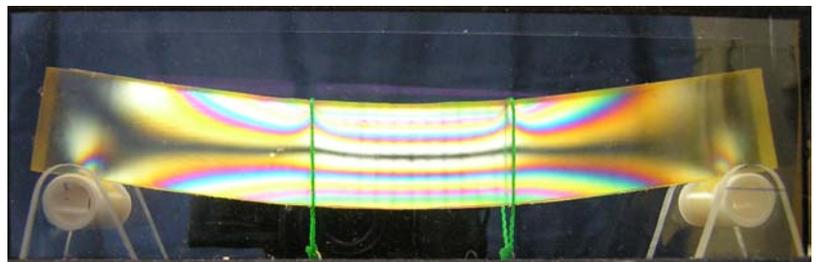


写真-1 4点曲げ梁の光弾性縞

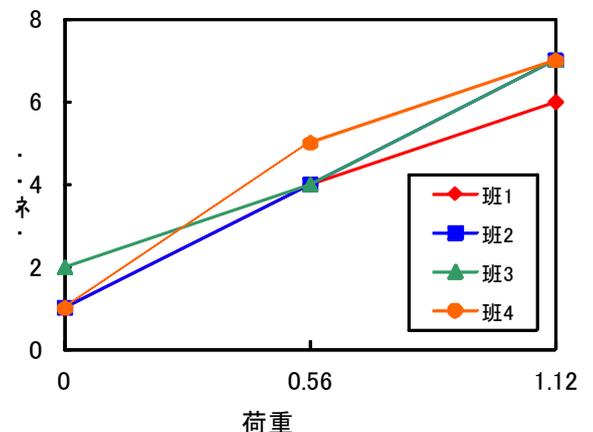


図-1 荷重と縞次数の関係

キーワード：教育、構造力学、学生実験、模型

連絡先：〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学工学部都市マネジメント学科

きないと思われたが、3点(無荷重、0.56kN、1.12kN)の測定結果をプロットすると図-1であり、実験の班により縞次数で1次の差が出ているが、ほぼ直線に近い関係が得られていることがわかる。

2.2 ラーメンの解析と実験

4単位程度の構造力学では、ラーメンまで入らないのが普通であるが、現実の構造物ではラーメン構造が結構多い。そこで、解法までは立ち入らず、模型によりたわみの測定や変形の観察をし、剛性マトリクス法による解析結果から断面力図や変形図を描かせることを目的とした。門型ラーメンで支持条件を3種類(両端固定、両端ヒンジ、ヒンジとローラー)とし、鉛直荷重と水平荷重を対象にした。写真-2は単純支持(ヒンジとローラー)で鉛直荷重をかけた例である。ラーメン部材を3mm厚の亚克力板で作ったので、変形も肉眼で把握できる程度であり、たわみもmm単位のスケールで読みとれる程度(この場合7mm)である。この支持条件では、鉛直荷重に対してローラー支点到に水平変位が生じるが、学生たちは理解しにくいようである。実際の変形を見ており、剛性マトリクス法の解析結果にも水平変位が示されているにも関わらずである。ローラー支点的の構造は



写真-2



写真-3 ローラー支点的の構造

写真-3に示したように、 $\phi 5\text{mm}$ の亚克力棒が溝の間を転がるのであるが、棒とスペーサーの間は滑り摩擦になるため、結局摩擦力の影響を排除できず、支点的変位の測定値は信頼できるものにならなかった。また、水平荷重を簡単に掛けるために、写真-4に示すように模型自体を 90° 回転させた。この例は両端ヒンジである。

3. 考察

実験後に提出させるレポートには考察を書かせたので、学生たちは良く「実際に測ってみて講義で解らなかつたところが解つた」、「力の掛かり方が虹色の縞になるのがきれいで面白い」、「皆で協力したため難しい問題点が解決できた」などと書いてはいるが、無記名のアンケートではないので、相当割り引いて受け取る必要がある。むしろ教室を良く巡回して、学生たちが話しかけやすい雰囲気を作ること、学生たちの様子を良く観察すること、学生同士の会話に注意を払うことが重要だと感じている。実際、学生の質問で課題の不備に気づいたり、彼らがとんでもない誤解をしている、あるいはこんなことも解つていなかったのかと気づくこともある。良く観察することで、学生たちの理解の弱点なども解り、講義にフィードバックできるので、講義と実験を同一の教員が担当するメリットは大きい。一般に学生たちは「難しい」、「解らない」を連発し、不平たらたらの傾向があるが、学生たちの質問に対しざり教えるか、教えずに考えさせるか、ヒントを出すかの判断も重要である。



写真-4 水平荷重を受ける
2ヒンジ門型ラーメン

4. あとがき

肉眼では認識できない微小変位や変形を精密な測定装置で測るのは対称的に、目で確認でき、mm単位のスケールで測定できる大きさの変位や変形を測る構造実験を志向した。測定精度が低いために、線形理論からのずれも検知できないという皮肉な面もあるが、変位や変形を直接目で見て理解できるメリットは極めて大きい。将来的に研究に結び付けるための精密な実験を体験させるのではなく、構造力学を理解するための「解りやすさ」を最優先にしたもので、今後とも発展させるべき方向だと考えている。