

# 土木工学実験の内容変更に伴う実験キットの製作

○生田 智大 ・ 宮地 一裕

岐阜大学 高等研究院 全学技術センター ものづくり工学技術教育支援室  
岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 防災コース 助教

土木工学実験は、岐阜大学工学部社会基盤工学科 3 年次向けに開講されている。担当している構造分野では、2021 年度から担当する授業の回数が増えることとなった。従来学生実験で使っていた実験用フレームでは、転倒による怪我と 3 蜜になりやすいことに起因する感染症のリスクが高いため、担当回数増加に対応可能な小型実験キットの開発が必須となった。本報告では、2021 年度の土木工学実験構造分野における内容の変更に伴う実験キット製作過程について紹介する。

**Key Words** : 土木工学実験, 構造力学

## 1. はじめに

土木工学実験は、岐阜大学工学部社会基盤工学科の 3 年次の学生向けに、前期の月曜日の 3・4 限に開講されている。学生は入門実験では 5 班(各班 15~16 人程度)に分けられ、水理、水質、土質、材料、構造分野の各分野を 1 回ずつ計 5 回受講する。入門実験終了後、分野別実験が行われる。学生の希望を基に各分野の班員を決定し、1 つの分野に集中して分野別実験を 8 回受講する。2020 年度までの分野別実験は、材料分野と構造分野は分野別実験で 1 つの分野になっていたが、2021 年度以降は材料分野と構造分野がそれぞれ独立することとなった。それに伴い、担当する構造分野では大幅な内容の見直しが必要となった。内容の見直しに伴い、これまでの実験キットを刷新することを考えた。

## 2. 実験キット開発に関する事前検討

2020 年度までは図-1 のようなフレームで実験を行っていた。このフレームは多くの実験を行うことが出来る。



図-1 実験用フレーム

具体的には、

- ・ 梁のたわみ測定
- ・ せん断力測定
- ・ 引張試験
- ・ 載荷試験

を学生実験で行った。実験を多種行う必要があるため、有用な実験フレームだった。

一方で、フレームが大きすぎることで以下の課題があった。

- ・ 設置に手間がかかる

- ・設置中、実験中に倒れることでの安全上の懸念
- ・実験室が狭いため、フレームの大量設置ができない
- ・大型のため、大量生産には金額がかさむ
- ・設置数が少ないことで、1つのフレームを使用する学生数が増え、学習効果が低下する。また、感染リスクが高くなる

以上の理由により、新しい実験キットは小型で大量に用意でき、かつ安価に開発できるものにすべきである。また、構造分野の担当回数が増えることも考慮すると、フレームのように一つの実験キットで多種の実験を行えることが望ましい。

まず、必要な実験キットの台数については、予備1台を含む6台にした。構造分野に配属される人数が15~6人であるため、学生用に5台あれば、1つの実験キットを3~4人程度で使うことが可能となるためである。

次に、開発ではなく購入で解決できないか調査した。小型の実験キットについては、株式会社メガケムが販売している。各実験キットの価格を表-1にまとめた。

表-1 株式会社メガケムが販売する実験キットの価格<sup>1)</sup>

実験キット名	円/台
実験パネル	77,000
梁のたわみ実験	154,000
引張試験	222,000



図-2 梁のたわみ実験キット<sup>2)</sup>

このように株式会社メガケムの実験キットは1台あたりの価格が高く、実験キットを購入によっていくつも準備する

ことは現実的でない。また、梁のたわみ実験のキットを購入しても引張試験は行えないため、別の実験を行うには新たに実験キットを購入するしかない。

そこで、実験キット自体を製作することで決定した。自前の実験キットであれば、工夫次第では安価で汎用性の高いものが製作できるためである。

さらに、実験キットを用いて行う実験を検討した。荷重試験のような重いものを取り扱う実験は危険が伴うため小型の実験キットでは行わないこととし、以下に挙げるものを想定した。

- ・たわみ実験
- ・片持ち梁の曲げモーメント測定
- ・ラーメン構造の実験
- ・座屈実験
- ・トラス構造の部材力測定

これらの検討を踏まえて、実験キットは6台、安価に、多種の実験を行えるものを製作することに決定した。

### 3. 実験キットの費用

最初に、試験体を決定した。本実験キットで使用する試験体は、A5052(アルミ合金)とした。この理由として

- ・試験体が弾性変形しやすい方が、開発する実験キットを軽量化出来る
- ・A5052は安価に購入できる

ためである。特に、試験体が弾性変形しにくい材料だと、荷重が大きくなり、すると実験キットの耐荷重も大きくする必要があり、実験キットの耐荷重を大きくするには、実験キット自体の大型化・重量化が不可避となり、設置の手間削減や安全確保という開発目的を達成できない。従って、試験体は弾性変形しやすいアルミ合金の棒を試験体にした。

次に、実験用の治具を取り付けるパネルについて検討した。株式会社メガケムが販売している実験キットのパネルを参考にすると、パネルには等間隔に穴が空いているものであれば汎用性が高くなることが予想された。しかし、板を購入して等間隔に穴空け加工をすることは加工費用が高くなり、工作機械に取り付けられるサイズに限られ

てしまう。そこで、実験パネルにはアイリスオーヤマ製の「メタルパンチング穴板(図-3)」を用い、棚板を立てるためにマグネットスタンドを使用した。

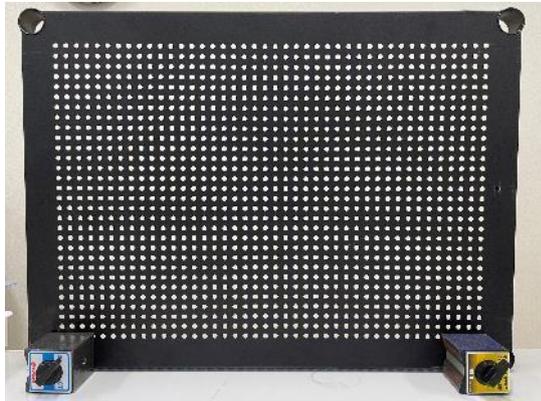


図-3 実験キットに用いるメタルパンチング穴板

更に、実験用の治具の素材について検討した。実験キットに使う治具は軽く持ち運びやすく、加工性が良好なものがよいため、試験体と同様 A5052 とした。

これらの材料費をまとめたものが表-2である。また、節約のために一部の治具は、加工を工夫することで共用できるようにした。

表-2 実験キットの材料費

	用途	単価(円)	個数	合計(円)
1	トラス治具用	578	12	6,936
2	梁・座屈・ラーメン治具用	578	12	6,936
3	座屈治具用	668	6	4,008
4	梁・ラーメン治具用	848	1	848
5	梁・座屈・ラーメン試験体用	199	5	995
6	トラス試験体用	2,490	1	2,480
7	実験パネル	2,290	6	17,940
			計	35,493

6台分の実験キットの材料費は、合計 35,493 円となった。その他に工具やボルト、ノギス等の計測器具を購入したため、実験キットの材料費・工具費は 106,348 円となった。

#### 4. 実験キットの製作

実験キットを製作するにあたって必要な加工は、

- ・ 試験体を適切な長さに切る
- ・ 試験体を曲げる
- ・ 治具の形に切削する
- ・ ワイヤで切断する

といったものである。参考に、座屈用の治具とトラス試験体の図面を以下に示す。

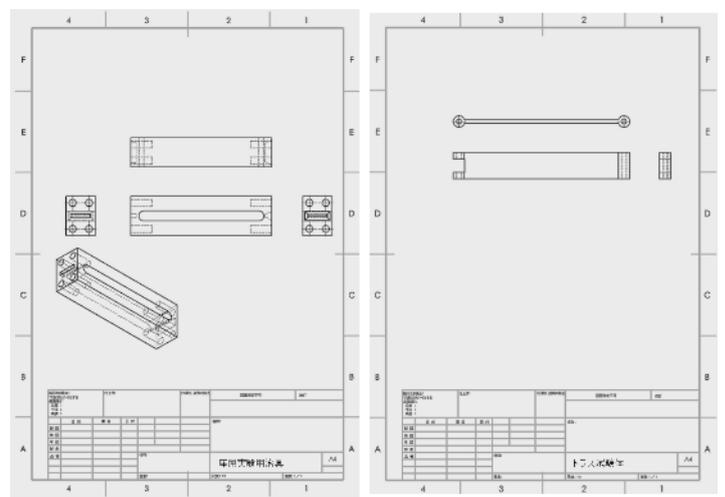


図-4 図面. 左:座屈実験用治具, 右:トラス試験体

トラス以外の試験体は、995mm の A5052 の棒から作成した。梁の試験体は 300mm、ラーメン試験体は 1 辺が最大 190mm になるように切断・曲げ加工を行った。なお、加工には岐阜大学機械工場内のシャーリング、曲げ加工機を用いた。完成した試験体を図-5に示す。



図-5 梁試験体(左)とラーメン試験体(右)

次に、試験体をパネルに取り付けるための治具の製作を行った。各治具の製作は汎用機械だけで行うことが難しいため、予め外形をフライス盤で整えた後、岐阜大学金型工場内の NMV1500DCG(以下、5 軸加工機)で行った。この際、1 つの治具で対応できる実験の種類を増やすため、固定用とは別部位に加工を施すことで、多種の実験に対応した治具を製作した。完成した治具の一部は図-6に示す。



図-6 治具例. 左からトラス, 座屈, たわみ実験用

トラス試験体は、厚さ 16mm のアルミ板から加工した。トラス試験体はジョイント部が複雑な形状をしているため、ワイヤによる切断での作製を依頼した。ジョイント部の拡大図と、実際に完成したトラス試験体の例を図-7に示す。



図-7 トラス試験体. 右上:連結したもの, 右下:ジョイント部

なお、ジョイント部の固定にはピンを用いた。

以上の試験体や治具の製作には、加工費がかかった。全ての試験体と治具の加工費は 31,510 円であり、材料費・工具費との合算で 137,858 円となった。株式会社メガケムから実験キットを買った場合と比較すると、2,580,142 円安く出来上がった。なお、製作した実験パネルは上述した 5 つの実験に対応しているが、株式会社メガケム製の実験パネルは梁のたわみ実験と引張試験しか行えないことを考えると、かなり安価に出来上がったと思われる。

## 5. 実験の様子

梁のたわみ実験では、治具の両端が固定端となってしまい、たわませた状態から戻らなくなってしまった。これは、弾性変形したアルミが元に戻る力より、治具の支えになっている部分で発生する摩擦力のほうが大きくなってしまったことに起因する。実験キットを軽く叩くことでこの摩擦を除去することができたが、改善が望まれる。



図-8 梁のたわみ実験の様子

片持ち梁の曲げモーメント測定、ラーメン構造の実験では実験値と理論値に違いが見られた。A5052 の弾性係数は  $68.6\sim 70.6\text{kN/mm}^2$  であり、理論値の計算にはこの弾性係数を用いさせたが、弾性係数を測定にて求めたところ  $62\text{kN/mm}^2$  程度となっていた。この弾性係数の違いが実験値と理論値の違いに反映されたと考えられる。

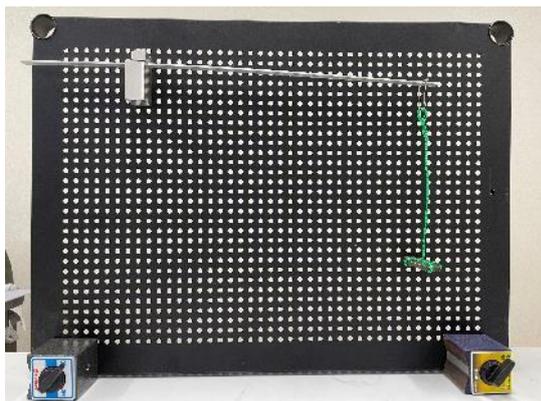


図-9 片持ち梁のせん断力測定の様子

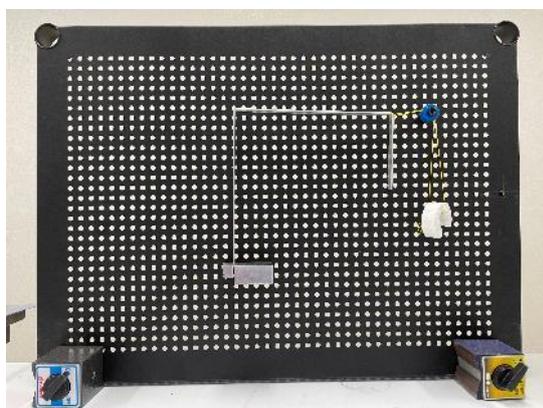


図-10 ラーメン構造の実験セット時の様子

座屈実験では載荷用の錘を図-10上方に写っているような大きなものにしたため、荷重を細かくすることが出来ず、突然大きくなったわんでしまい、座屈荷重の測定が難しかった。錘について再検討する必要があると考えられる。



図-11 座屈実験の様子

トラスの部材力測定は、実験値と理論値が概ね一致し、良好な結果が得られた。しかし、荷重が大きすぎて前方に倒れそうになるなど、やや不安を抱えた状態での実験となってしまった。



図-12 トラス実験の様子

## 5. おわりに

2021年度からは構造分野の実験担当が増え、新たな実験キットを使った学生実験となったが、狙い通り多くの学生が暇を持て余すことなく実験に取り組んでいたことが良かった。また、製作費は購入するよりも遥かに安くできた。実験準備も容易で、実験中に危険を感じることもなかったため、概ね開発目的は果たしたと言える。一方、治具の問題で理論値と実験値が異なる実験もあり、これらについては改善する必要があると思われる。

## 6. 謝辞

本報告の作成に際しまして、実験キットの製作から資料作成まで、ご助言・ご協力を賜りました、岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 防災コース 宮地 一裕 助教に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) [https://www.megachem.co.jp/Theory\\_of\\_Machines/html/ES1.htm](https://www.megachem.co.jp/Theory_of_Machines/html/ES1.htm)
- 2) [https://www.megachem.co.jp/Theory\\_of\\_Machines/html/ES4.htm](https://www.megachem.co.jp/Theory_of_Machines/html/ES4.htm)