

平成 28 年度

千葉大学先進科学プログラム入学者選考課題

課題 III

解答例

出題意図

1. 身近にあるプラスチック棒という均質な材料を用いて、2つのねじ棒の間を渡した状態で中央位置に力を加えた時、力とそれに伴って生じる変形の実験により観察する。(1)では材料の弾性範囲では力と変形の関係は線形であるが、ある程度変形が大きくなった後は非線形となることを、実験での計測値からグラフを描いて実証させる。(2)では渡すねじ棒の間隔が短くなるとプラスチック棒の力と変形の関係の傾きが大きくなることを実験により得られた計測値からグラフを描いて実証させる。また、そのようになる理由を考察させる。(3)では実験作業の基本的能力を見るため、力と変形の計測方法について用いた用具や工夫点などを説明させる。

2. 単なる棒ではなく複数本組み合わさって構造物となった場合、力と変形の関係はどうなるのか、同じ重さで高さや斜め材の数が異なる試験体で考えさせる。(1)では同じねじ棒の間隔、同じ重さでV字形の斜めの棒の数と高さや変化する各試験体に力を加えると、どのように変形していくのか観察し、またそのように変化を生じる理由を記述させる。(2)では(1)の結果からV字形の斜めの棒の数が増えれば増えるほど構造物の中央位置の変形が小さくなるわけではないことに気づかせ、なぜそのようになるのか、その理由について考察させる。

3. 部材の量に制限を設けた中で、より強固となるトラス構造物を自由に設計させ、発想力の豊かさを見る。また、前問までで示された要素や限られた構造物での挙動の変化から工夫を凝らすなど、与えられた情報から最善の物を作り上げる総合的なデザイン力を見る。

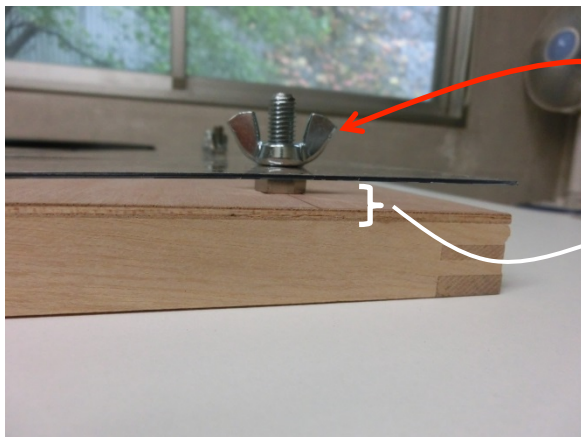
実際の実験の様子



架台全体と透明アクリル防護板



上段：架台 A 拡大 下段：架台 B, C 拡大



このねじを手で締めて実験を行う（試験体近くのねじを最低1カ所締める）

架台の板と透明アクリル保護板の間にプラスチック棒や試験体をはさむ

1.
(1)



架台 A にプラスチック棒を設置する



プラスチック棒に力を加えてたわませる

- (2)



架台 B にプラスチック棒を設置し、力を加えてたわませる



架台 C にプラスチック棒を設置し、力を加えてたわませる

(3)



力はデジタルばねばかりの数字を読み取る



たわみは棒の中央位置が元の位置から下がった長さを測る。架台に方眼紙を貼り付けて値を読み取る方法（左写真）がある（特にたわみが小さいとき有効）。他にも直定規で直接長

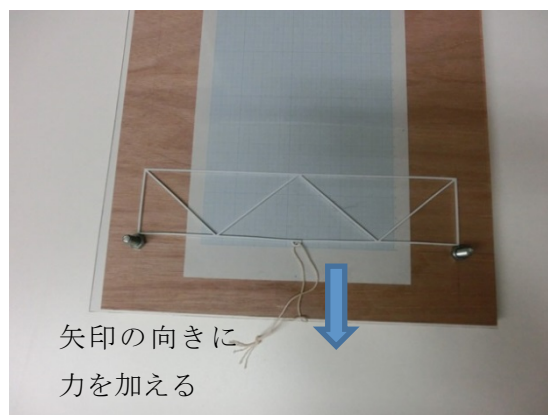
さを測る方法（右写真），テグスに印をつけて印の移動距離を測る方法などがある。

2.

(1)



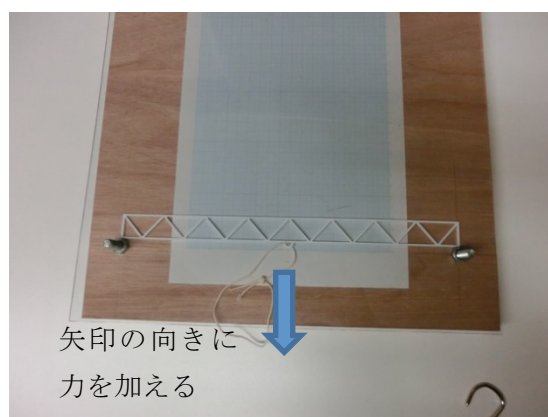
試験体①を架台 A に設置する



試験体②を架台 A に設置する



試験体③を架台 A に設置する



試験体④を架台 A に設置する



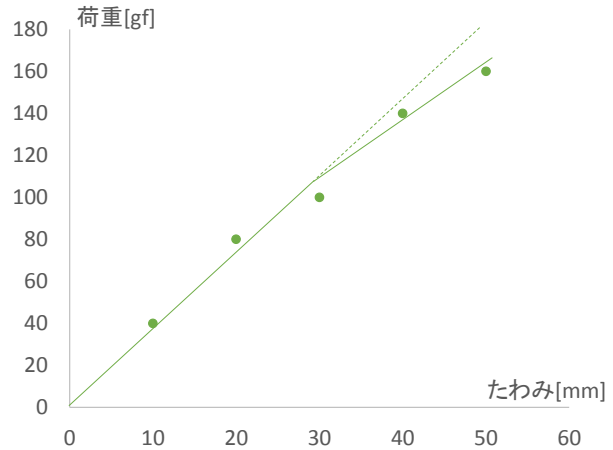
試験体⑤を架台 A に設置する

解答例

1.

(1) 架台 A での結果はこのようになる。

力 [gf]	たわみ [mm]
40	10
80	20
100	30
140	40
160	50



たわみが小さいと原点を起点とする直線で表現できるが、たわみが大きくなると、少し傾きが小さくなり、原点を起点とする直線上からずれる。

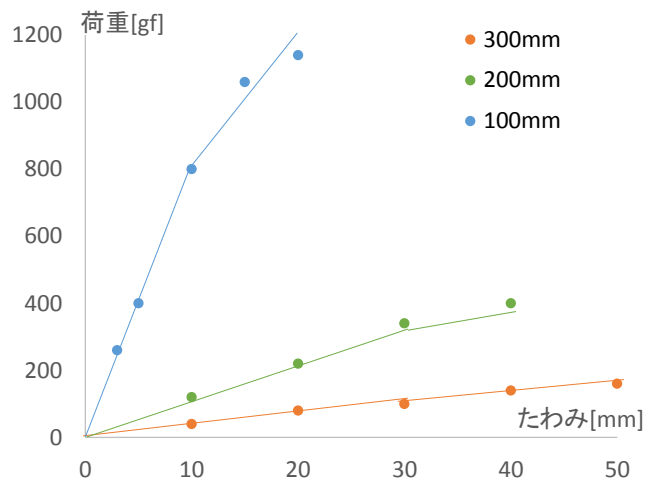
(2) 架台 B での結果はこのようになる。

力 [gf]	たわみ [mm]
120	10
220	20
340	30
400	40

架台 C での結果はこのようになる。

力 [gf]	たわみ [mm]
260	3
400	5
800	10
1060	15
1140	20

3つの架台での結果をグラフに描くと右のようになる。ここから言えることは全ての架台での実験データはいずれも原点を通る1つの直線で表現することは難しく、途中でずれるようになる。特に架台 A の 300mm の間隔よりも架台 C の 100mm の間隔の方がよりずれが顕著となる。架台の間隔が狭くなっていくと曲げにくく、限界まで引っ張った後のプラスチック棒が少

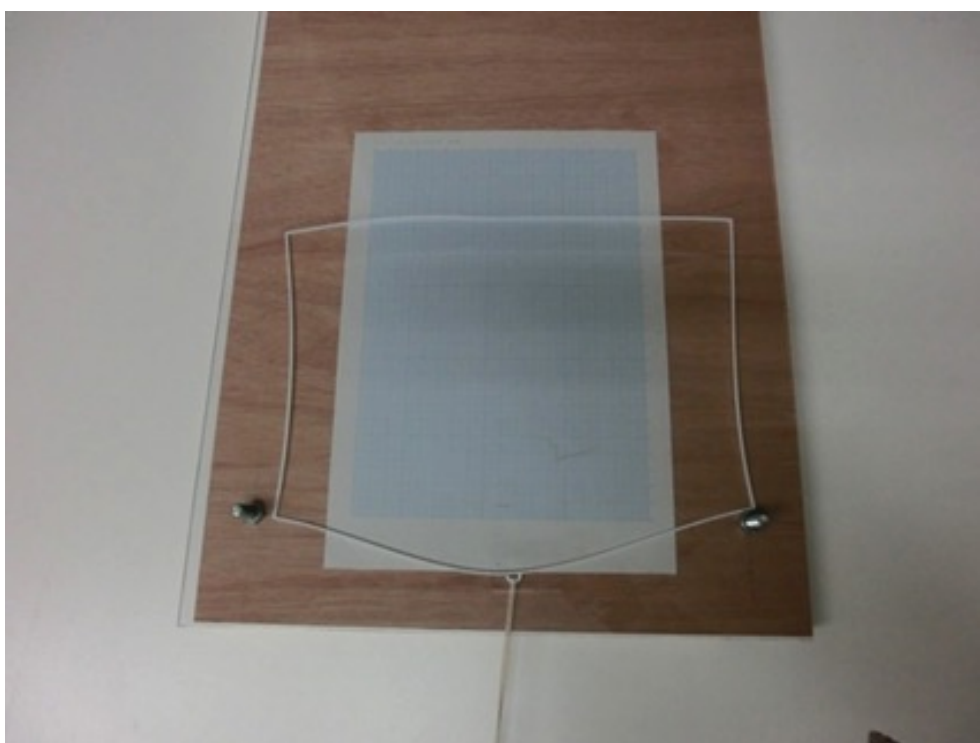


しゆがんでいたので、ある程度の変形が来るとプラスチック棒の性質が変わってしまい、最初と同じ性質になっていないのではないかと考えられる。また、架台の間隔が小さくなると力と変形の傾きが大きくなり、間隔の倍数と傾きの倍数は対応せず、だいたい長さの三乗分の一に対応していると推測される。構造力学において荷重を受ける梁のたわみの式は、力を受ける間隔の三乗と力の値の積を定数で除した値となっていることに起因する。

(3)まず、バネばかりで引っ張る時にはプラスチック棒に輪にしたテグスを通し、テグスの輪をバネばかりで引っ張るようにする。テグスにはマジック等で目印をつけておく。1cm 以上の変形については引っ張る前の時のテグスの位置を架台に鉛筆で印をつけておき、そこからの変形量を架台上に直定規を置いて測る。1cm 未満の変形については測りにくいので、変形しそうな辺りの架台に 1mm 方眼紙を貼り付けて測る。引っ張る前のプラスチック棒の下側の縁の位置を方眼紙に印をつけておき、そこからの変形量を直接方眼紙で測る。直接中央部のたわみを定規で計測しても良いが、精度よく計測するにはあまりむかない。

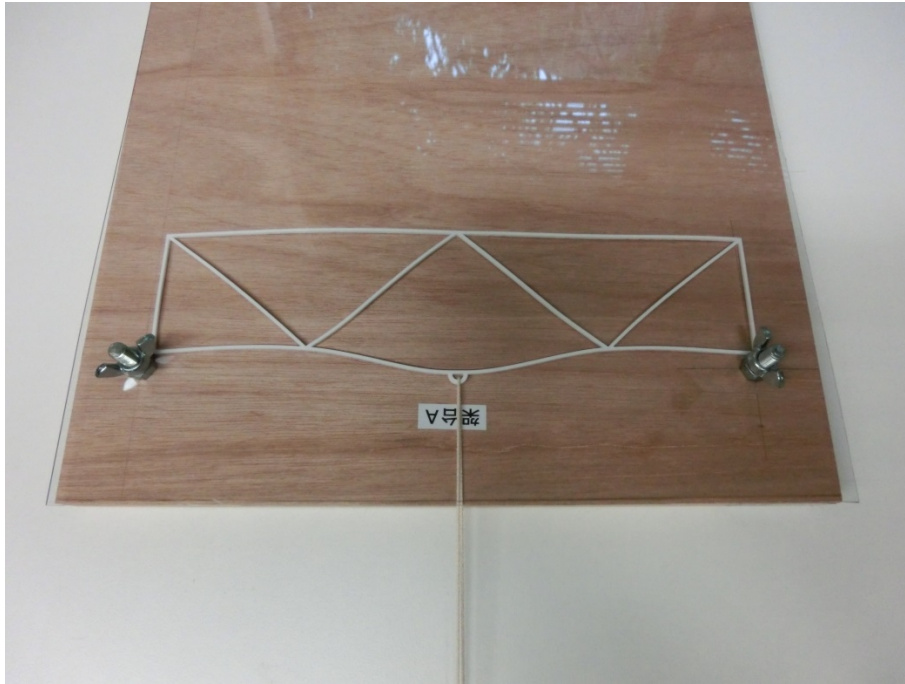
2.

(1)各試験体に 300gf の力を加えたときの変形状態



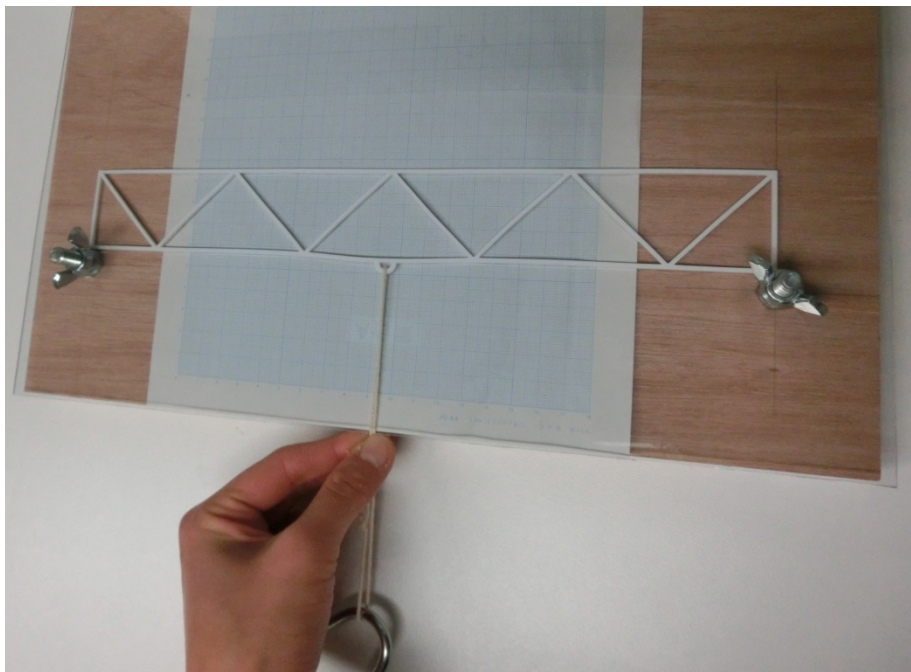
試験体①

(一番下の横棒が下に大きく変形する。少しの力でも変形は大きく生じ、左右の棒は内側に凸、上の棒は上に凸となるように変形する)



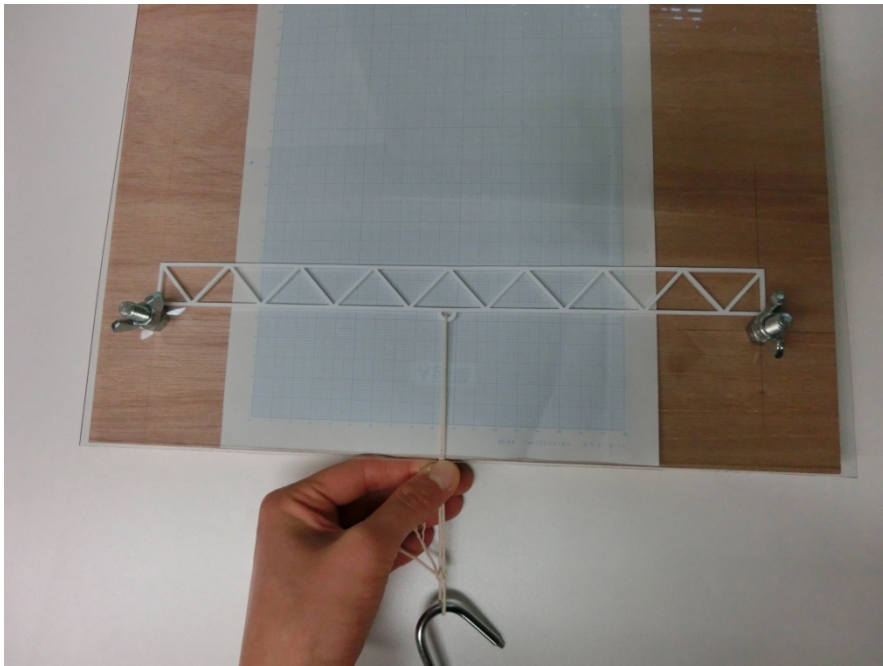
試験体②

(一番下の横棒の中央部分が下に 15mm たわんだ。その左右にある一番下の横棒はほんの少し内側にたわむ。外側の斜め材は少し内側にたわむように変形するが、それ以外は変形が見られない)



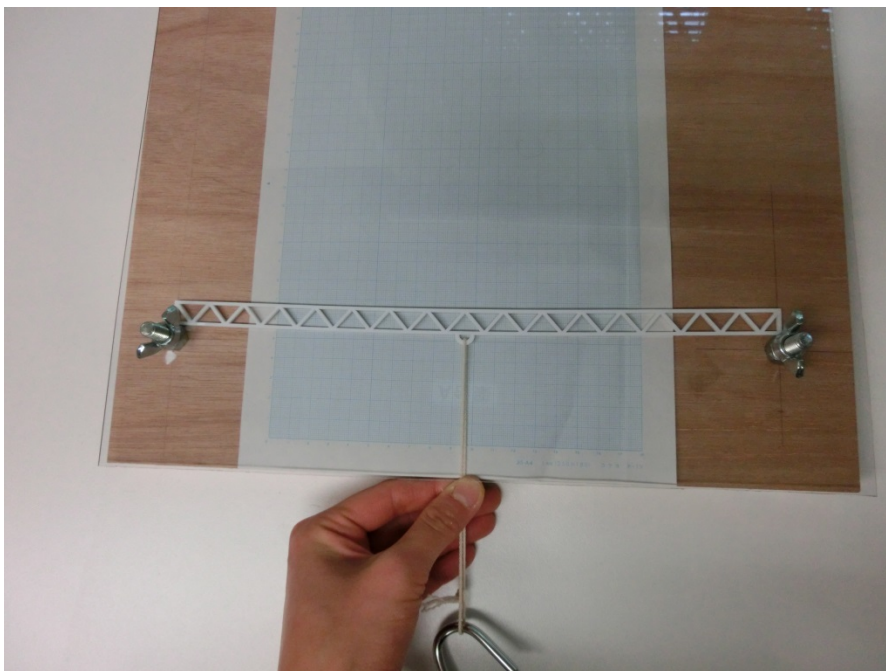
試験体③

(一番下の横棒の中央部分が下に 3mm たわんだ。それ以外はほとんど変形が見られない)



試験体④

(一番下の横棒の中央部分が下に 1mm たわんだ。それ以外は変形が見られない)



試験体⑤

(個々の棒においてのたわみは見られなかったが、試験体全体がたわんで、中央位置でのたわみは 3mm となった)

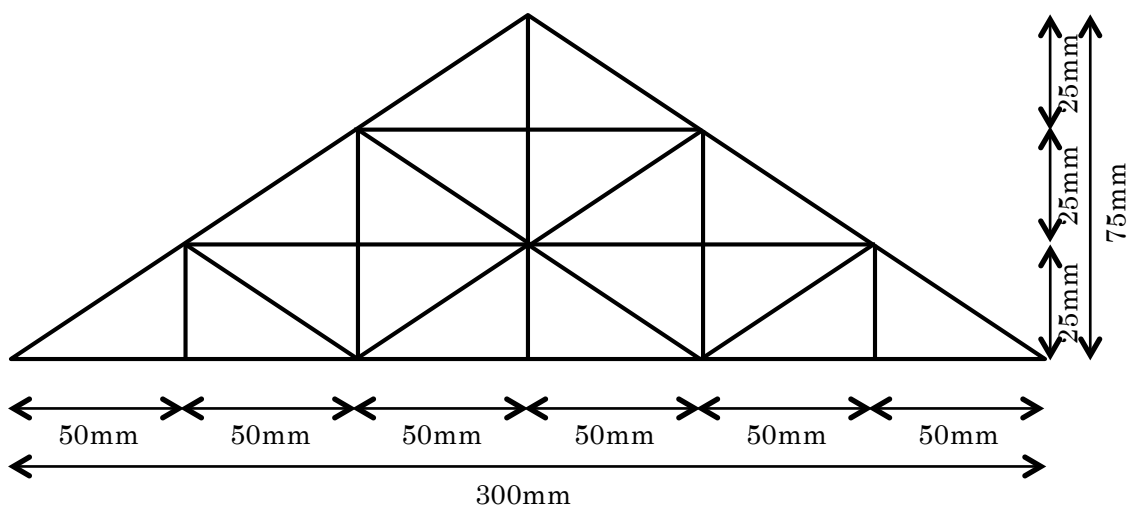
(2)単純に斜めの棒が増えたといっても、構造物全体の棒の総長さは決まっているので、斜めの棒が増えると 1 本あたりの棒の長さは小さくなる。棒が長いと力が小さくてもたわみやすいが、棒が短いと同じ力が加わってもたわみにくくなる。なので、試験体①から④に行くに従って棒が短くなるので試験体の中央部のたわみは減ってくる。しかし試験体⑤になると棒が短すぎて、ほとんど斜め材として効いていない。構造物の高さも小さいのでちよっと幅の広い一本の棒と同じようになってしまうので、試験体中央部のたわみは増加するようになると考えられる。

3.

1. 2. の実験作業もふまえると、より強いトラス構造物が満たすべき条件は以下の 3 つとなる。

- ・ 構造物の高さを可能な限り大きくとる
- ・ 構造物の端は三角形を小さくする
- ・ 中央部分がたわみやすいので棒をなるべく入れるようにする

以下に一例を示す（この寸法で棒の総長さ 1495.8mm）。



物品リスト

当日用意が必要なもの（受験生1名あたり）

- ・ 架台…1台（B3版の木製デザインボードに4カ所φ8.5の孔をあけ，そこにM8六角ネジをナットでとめたもの。孔の間隔は芯位置間で短辺方向30cm，長辺方向40cm）
- ・ デザインボード（計測用の追加）
- ・ 透明アクリル板…1枚（厚さ1mm程度。架台の4カ所のネジ孔と対応するφ8.5の孔が4カ所開いており，架台とアクリル板で竹ひごや試験体をはさんで面外変形を防止し，安全性を高める）
- ・ M8蝶ナット…4個（アクリル板を架台に固定するための手締め用のナット）
- ・ 直定規（15cm～30cm程度）…1個（たわみ計測用，もしくは橋制作用）
- ・ A4版方眼用紙（1mmピッチ）…2～3枚
- ・ A4版方眼用紙（5mmまたは1cmピッチ）…2～3枚
- ・ 水性細字マーカー…1本（たわみ計測用）
- ・ バネばかり（最大値ホールド機能付き）…1台
- ・ 試験体①…1台（事前に作成）
- ・ 試験体②…1台（事前に作成）
- ・ はさみ…1個
- ・ テグス（50cm程度）…たわみ計測用・バネばかり誘導用
- ・ 三角定規セット（60度30度のものと45度のもの）…1個
- ・ 安全めがね