2006構造力学実験
B1　座屈

担当　川島教授･渡邊

TA　河野, 佐々木, 松本

弾性座屈（オイラー座屈）に関する実験

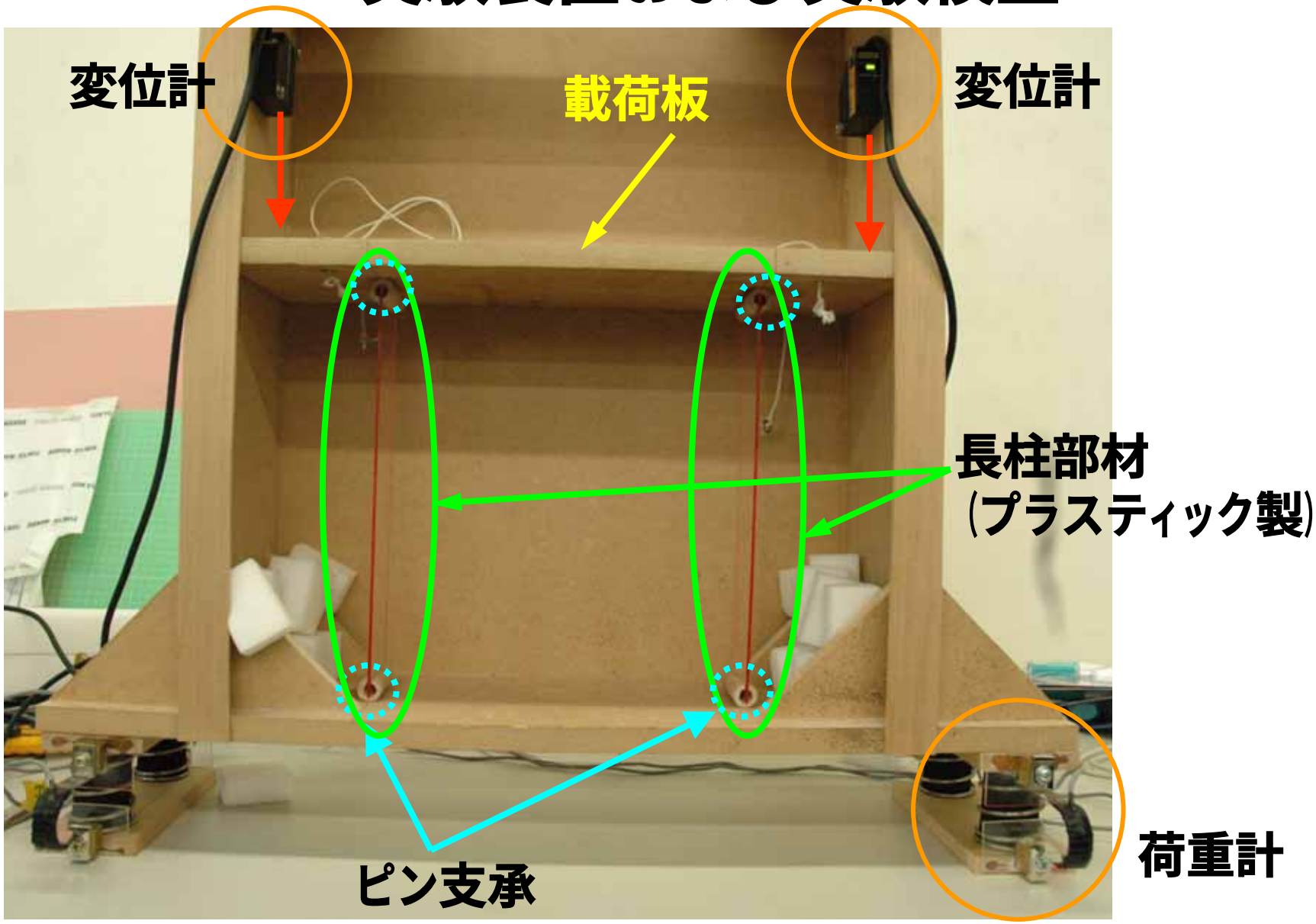
目的

プラスチック製の柱部材を使って載荷実験を行い，柱部材の座屈の様子を観察し，長柱部材に特有の座屈（オイラー座屈）について学習する．

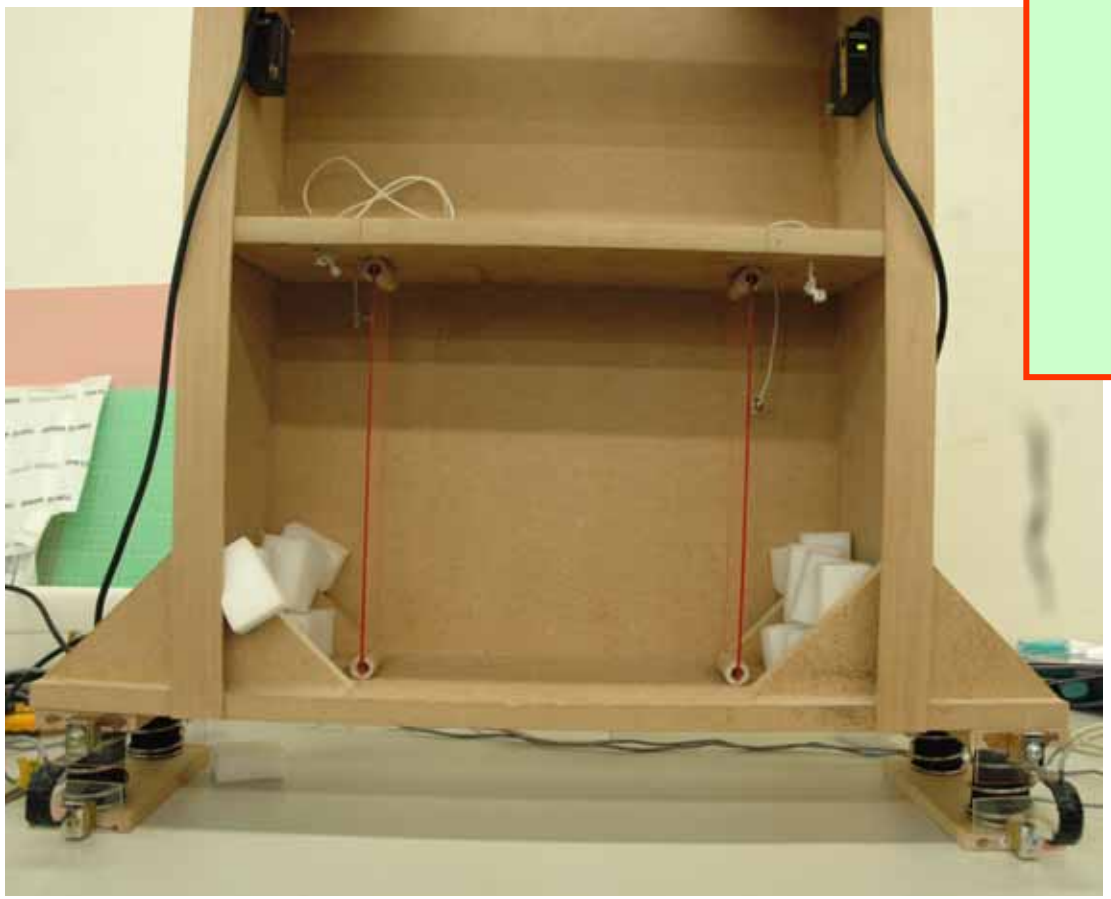
実験に際して必要な学習課題

オイラー座屈に関する理論，座屈荷重および座屈モードの導出について理解する．

実験装置および実験模型



実験装置および実験模型



長柱部材（プラスティック）

弾性係数：3500 MPa
断面：50 mm × 3 mm
高さ 250 mm

<u>実験前に座屈荷重を求めておくこと！！</u>

載荷手順

重り：真鍮製
　　２００ｇ，１kg，2kgが
　　複数個

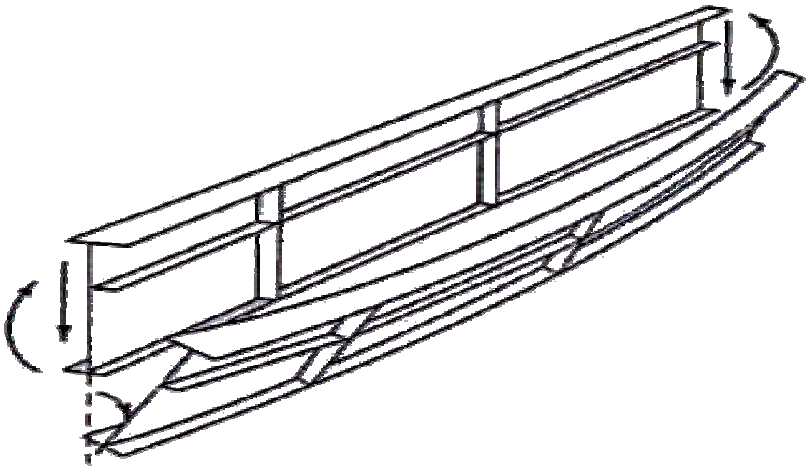
境界条件：
　両端ピンでの載荷実験

おもりを使い分けながら座屈するまで，載荷を行う．
載荷する際にはおもりをバランスよく，ゆっくりと載せる．
載荷する前におもりの重量を計測，その都度記録．
柱部材の面外方向への変形を注意深く観察する．

考察

- 実験により得られた荷重～変位関係から縦方向の弾性係数を求め，オイラー座屈の理論式による座屈荷重の理論値を求める．座屈荷重の実験値と理論値の比較を行う．

縮小模型による梁の横倒れ座屈実験

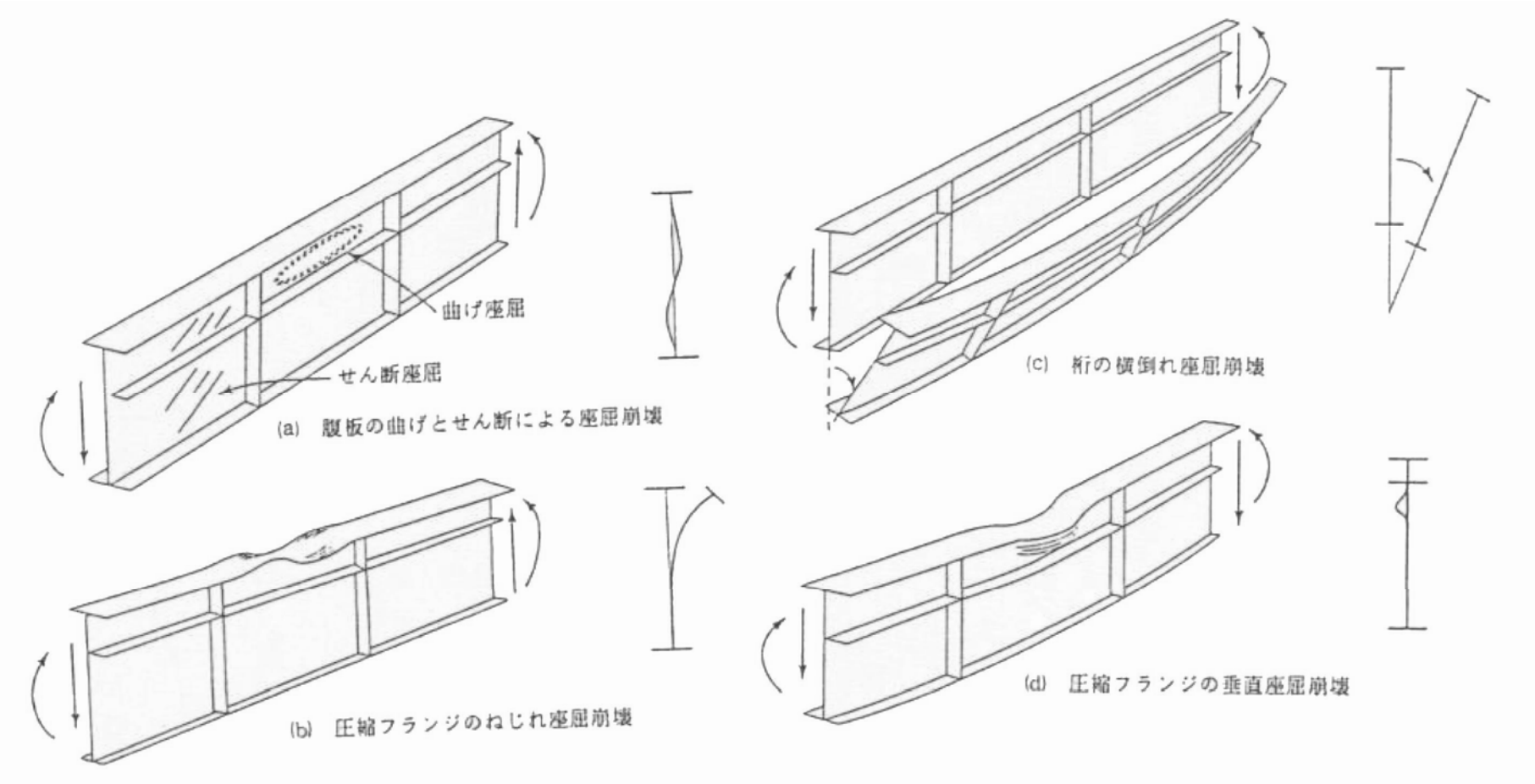


写真： http://www.jfe-steel.co.jp/release/2004/09/g040916.html

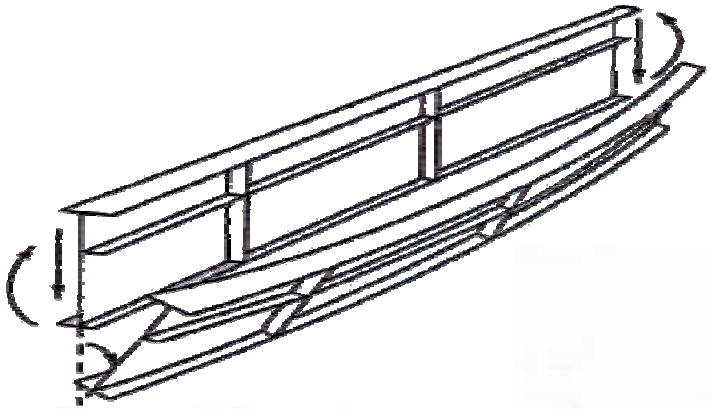
実構造物において，一部の構造部材が座屈することによって，構造物が崩壊に至る大きな事故になる場合がある．本実験では，紙を使ってＩ型断面の梁を作製し，その座屈の様子を視覚的に捉えることを目的とする．

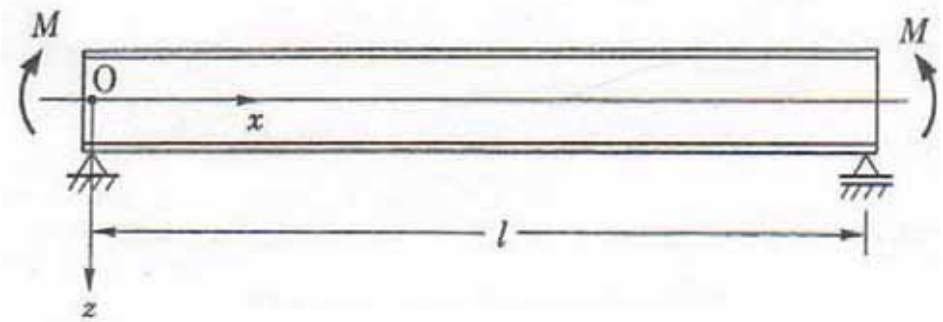
また，決められた材料の中で座屈に強い梁を製作し，載荷実験を行い，座屈荷重についてコンテストを行う．

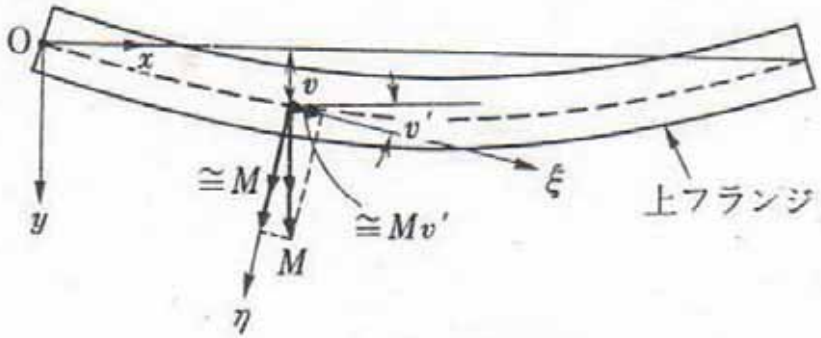
I桁に生じる主な座屈現象

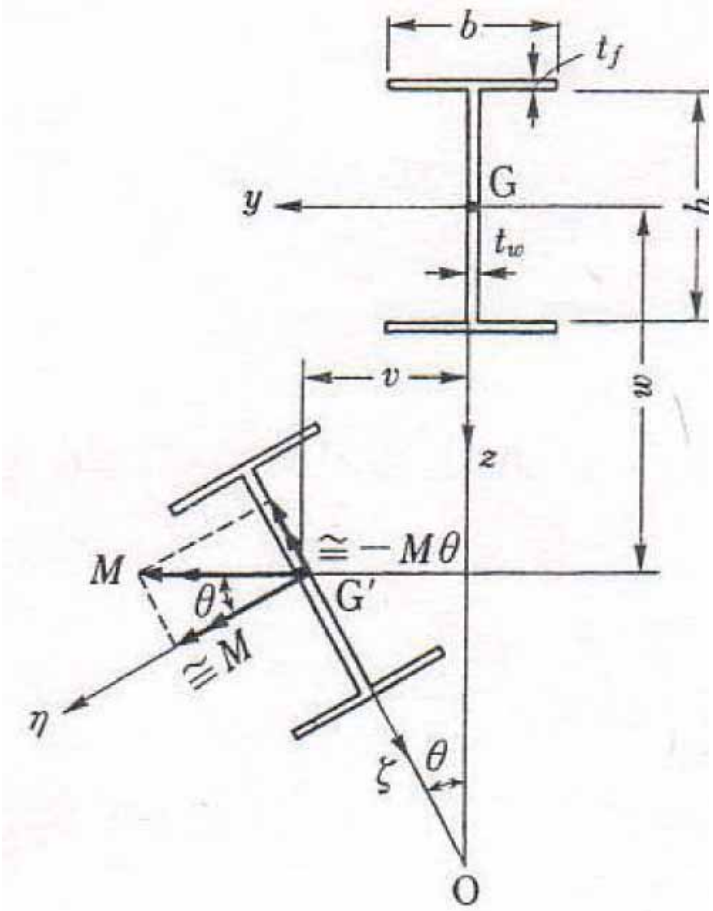


横倒れ座屈を考える際の座屈モード





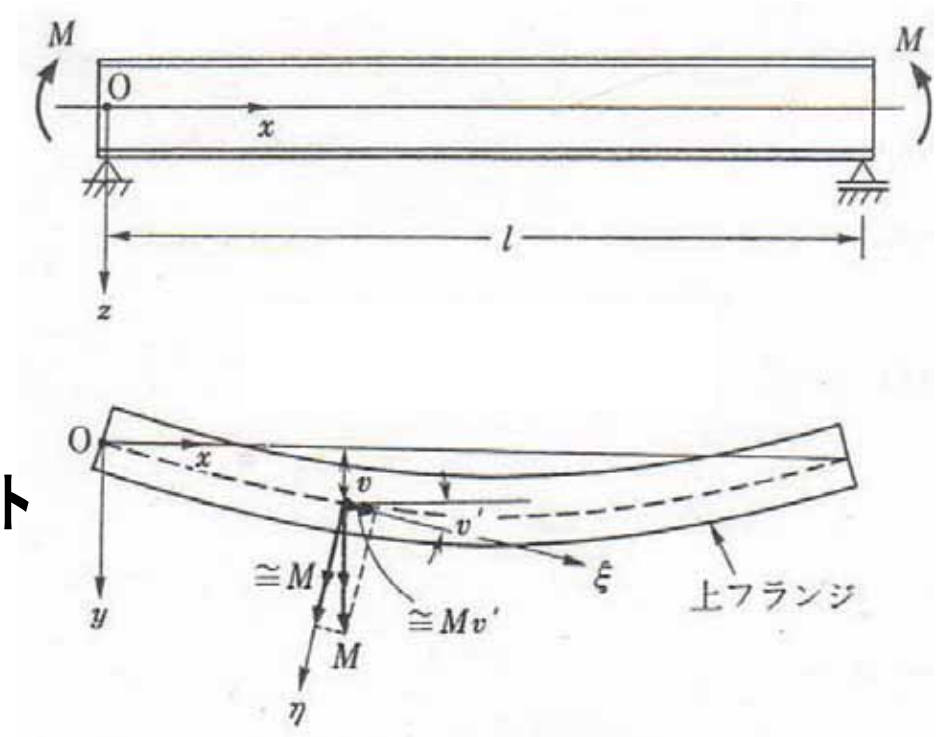




横倒れ座屈の支配方程式

$$EI_z \frac{d^4 v}{dx^4} + M \frac{d^2 \theta}{dx^2} = 0$$

$$EI_w \frac{d^4 \theta}{dx^4} - GJ \frac{d^2 \theta}{dx^2} + M \frac{d^2 v}{dx^2} = 0$$



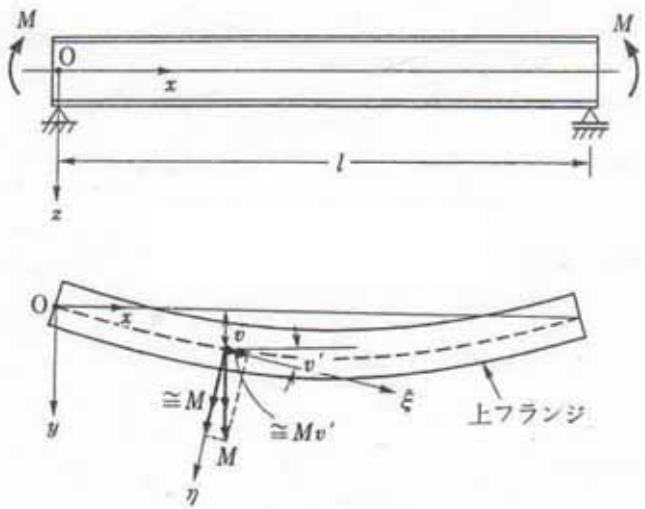
I_z : z軸まわりの断面2次モーメント

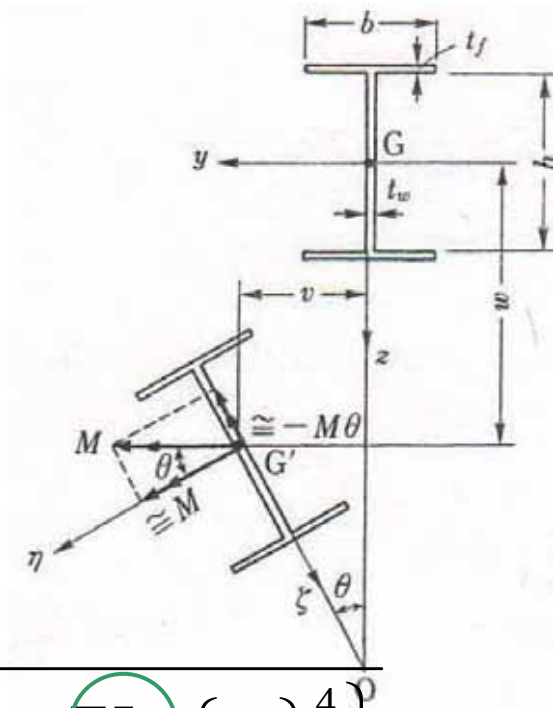
I_w : そりねじり定数

J : 純ねじり定数

E, G : 弾性係数およびせんだん弾性係数

等曲げを受ける際の座屈モーメント





$$M_{cr} = \frac{\pi}{\ell}\sqrt{EI_z \cdot GJ\left\{1+\frac{EI_w}{GJ}\left\{\frac{\pi}{\ell}\right\}^4\right\}}$$

$$I_z \cong A_f b^2$$

$$A_f = bt_f$$

曲げだけでなく，ねじり剛性，
そりねじり剛性を高める必要がある．

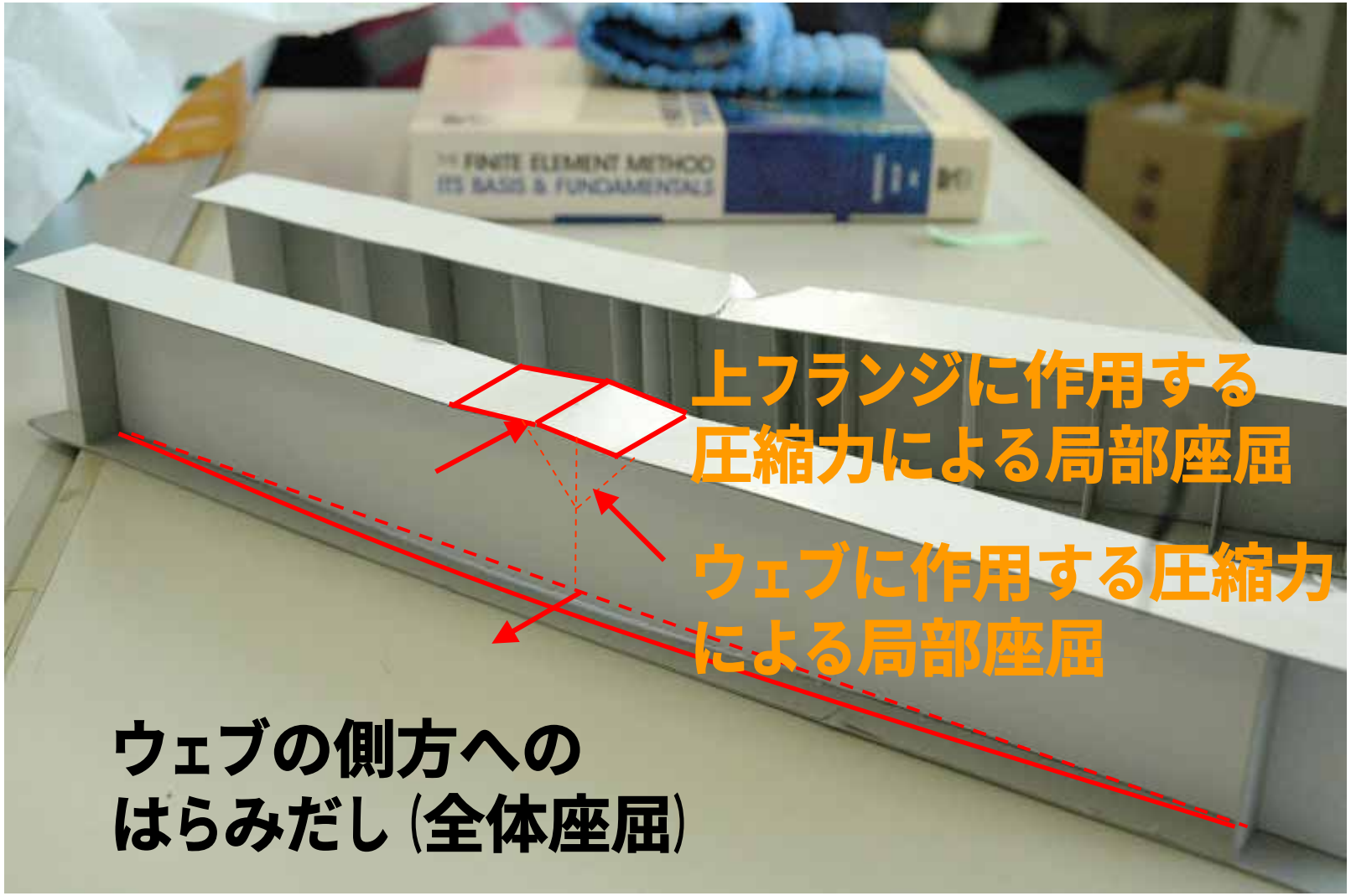
紙模型による梁の横倒れ座屈実験

- 標準供試体を使った載荷実験から梁の横倒れ座屈を観察する．座屈荷重および座屈モードについて調査する．

↓

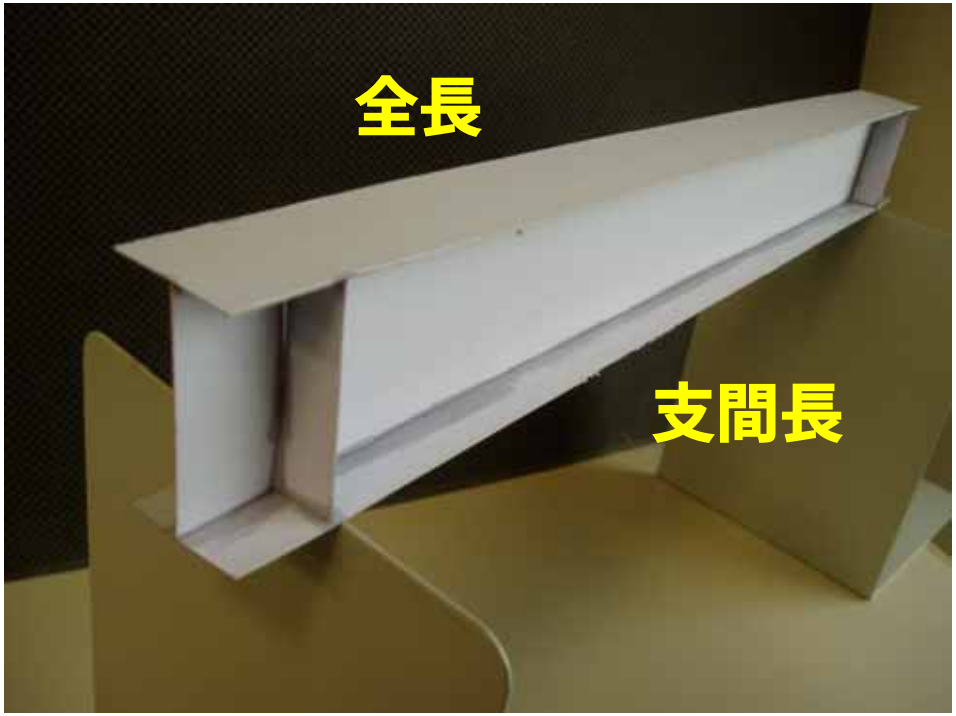
- 座屈荷重を高める構造を班員で相談し，制約条件を考慮しながら，オリジナル模型を作製し載荷実験を行う．また，この模型を使って，座屈実験を行い座屈荷重についてコンテストを実施する．

標準供試体の座屈

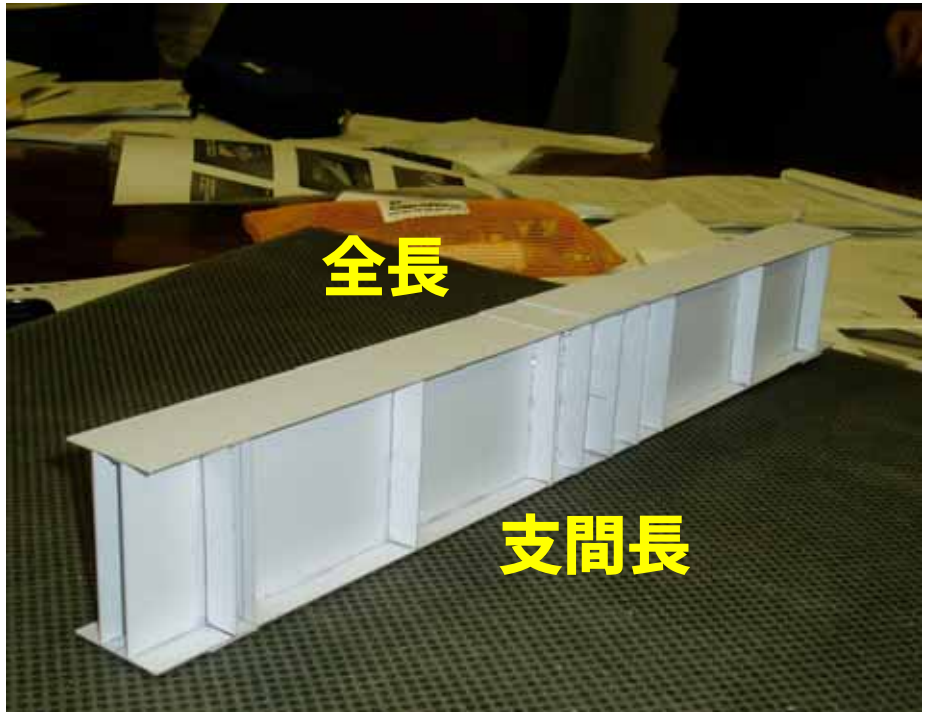

上フランジに作用する
圧縮力による局部座屈
ウェブに作用する圧縮力
による局部座屈
ウェブの側方への
はらみだし（全体座屈）

標準供試体およびオリジナル供試体

標準供試体



オリジナル供試体（1例）



全長および支間長以外は
班の自由とする．

作製する供試体の寸法

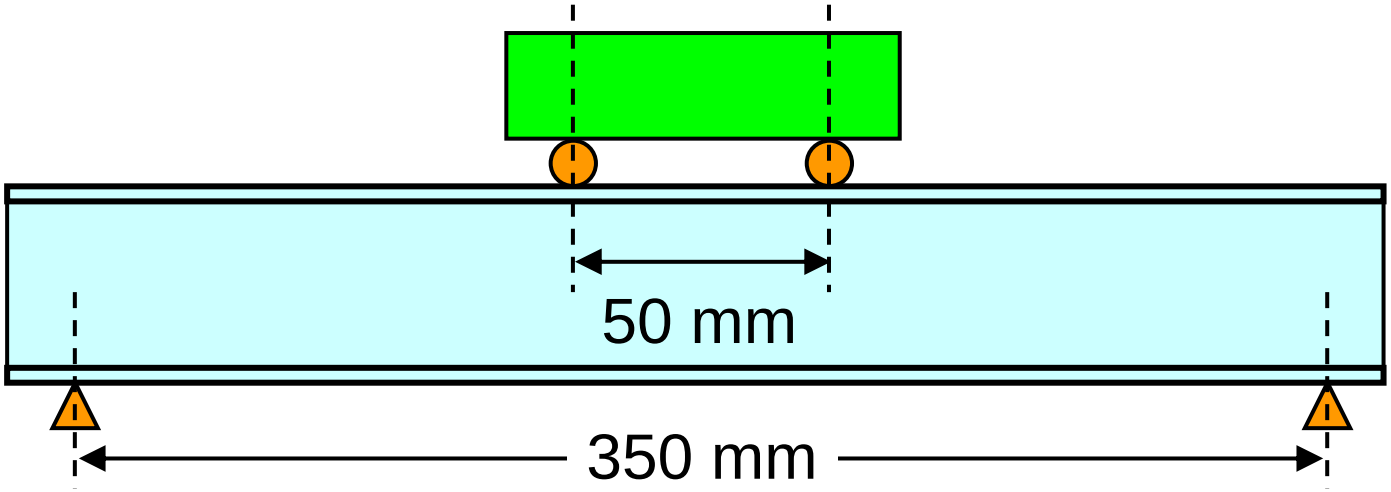
供試体種類	全長 (mm)	支間 (mm)	高さ (mm)	補剛材
標準供試体	400	350	50	4箇所
オリジナル	400	350	高さ，断面形状，リブの本数など，すべて自由	

オリジナル供試体では標準供試体での座屈形状を考慮して製作.

オリジナルの供試体は，全長，支間距離の制限以外は自由に作ることができる.（断面形状，補剛の方法，補剛材の数，位置など）

ただし，紙の使用量，製作時間は採点結果に影響するので節約することが望ましい.

供試体の製作に関するルール（形状寸法）



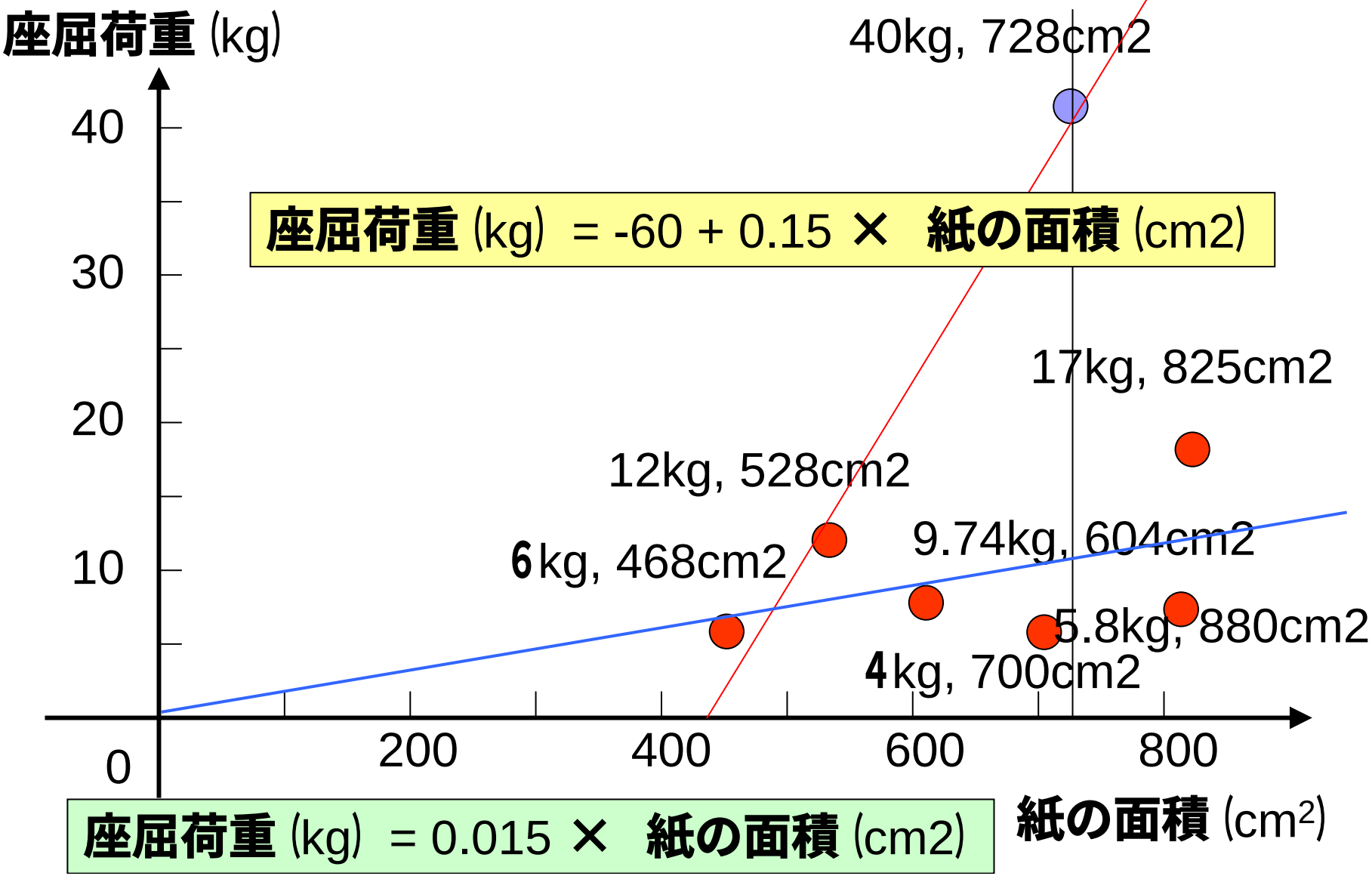
- 規定項目
  - 梁の長さ　400mm
  - 支点間距離　350mm
  - 載荷点間の距離　50mm
- その他
  - 桁高さおよび断面形状
  - 使用する紙のサイズ、補剛リブの数

供試体の製作に関するルール

- 座屈コンテストの結果は座屈荷重をベースに点数化して評価され，順位付けされる．
- 使用できる紙のサイズは自由．ただし，100cm^{2}あたり1.5kgの荷重減とする．
- 検討，製作は2時間以内に製作する．
- 製作終了時間が5分遅れるごとに，実験で得られ座屈荷重の値から1ｋｇずつ，減点される．
- 接着剤を2本以上使う場合には，1本あたり5kgの減点とする．

コンテスト結果（荷重）　＝　座屈荷重　－0.2 ×超過時間
－0.015 ×紙の面積　－5 ×　接着剤の本数

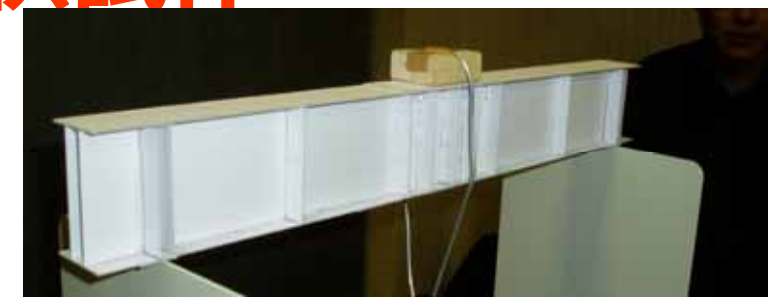
紙使用量と座屈荷重の関係



座屈荷重 (kg) = -60 + 0.15 × 紙の面積 (cm2)

座屈荷重 (kg) = 0.015 × 紙の面積 (cm2)

オリジナル供試体



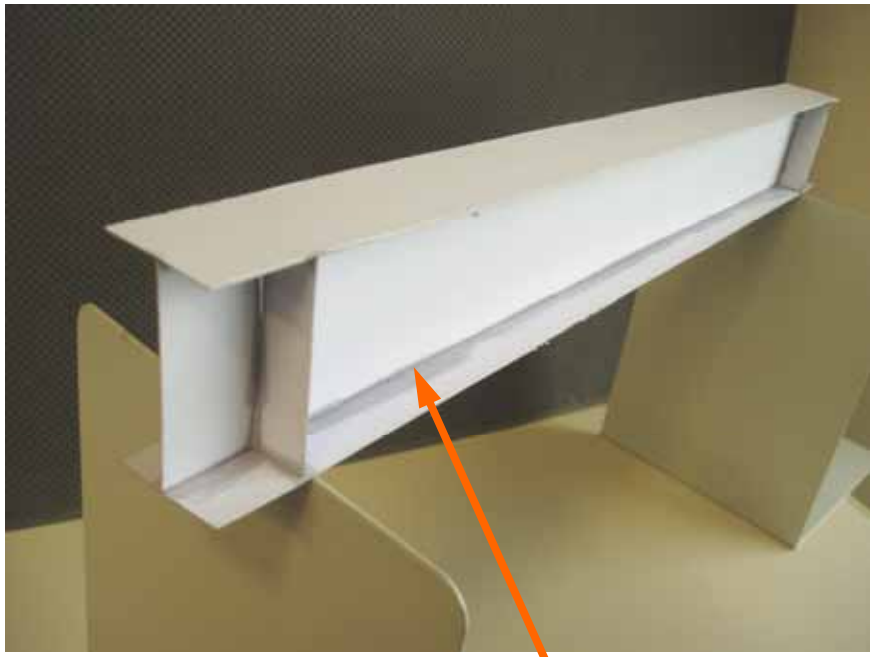
ウェブが2枚（ボックス？）

ボックスの中に特殊な補剛材が!!

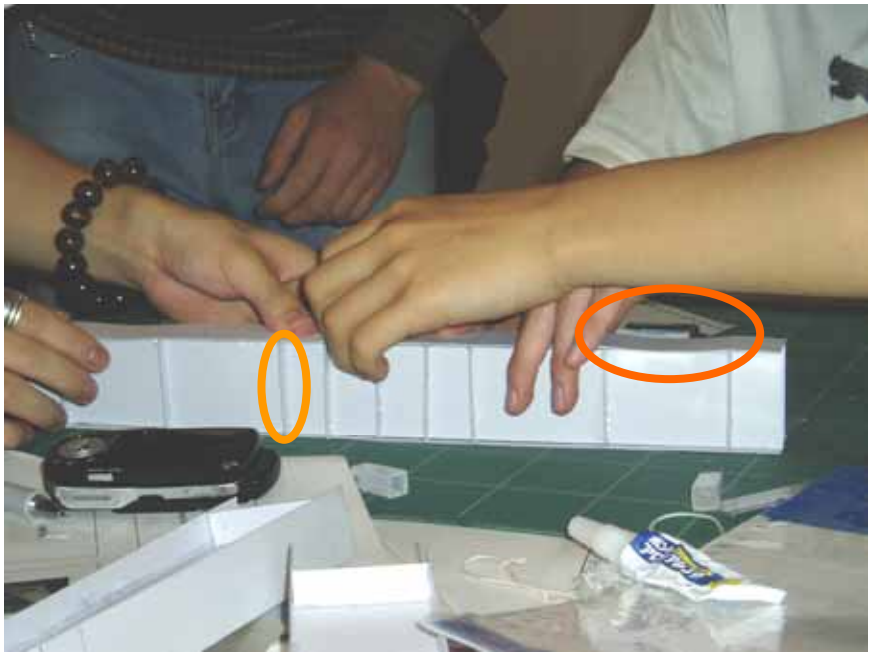
標準供試体の載荷終了後にオリジナル供試体を作製します．
オリジナル供試体の作製は班員の全員の創意工夫が求められます．
ただし，時間（2時間以内）のことも忘れずに！

模型製作は精度良く，丁寧に

模型は精度がいのちです！



ウェブーフランジの接合部は瞬間接着剤で均等にのり付けをするが，瞬間接着剤を山盛りにすると乾燥しないので，薄く均一に塗布する．



模型は精度が重要！
フランジが波打ったり，補強材が斜めになるようでは，高い座屈強度は望めません．
補剛材，ウェブの高さはしっかりそろえましょう．

載荷実験前のプレゼンテーション

- 載荷実験の前に模型製作のポイントを説明する．以下の項目などに注意すること．
  - 横倒れ座屈への対処
  - フランジのねじれ座屈への対処
  - ウェブの局部座屈への対処
  - 期待する座屈荷重