

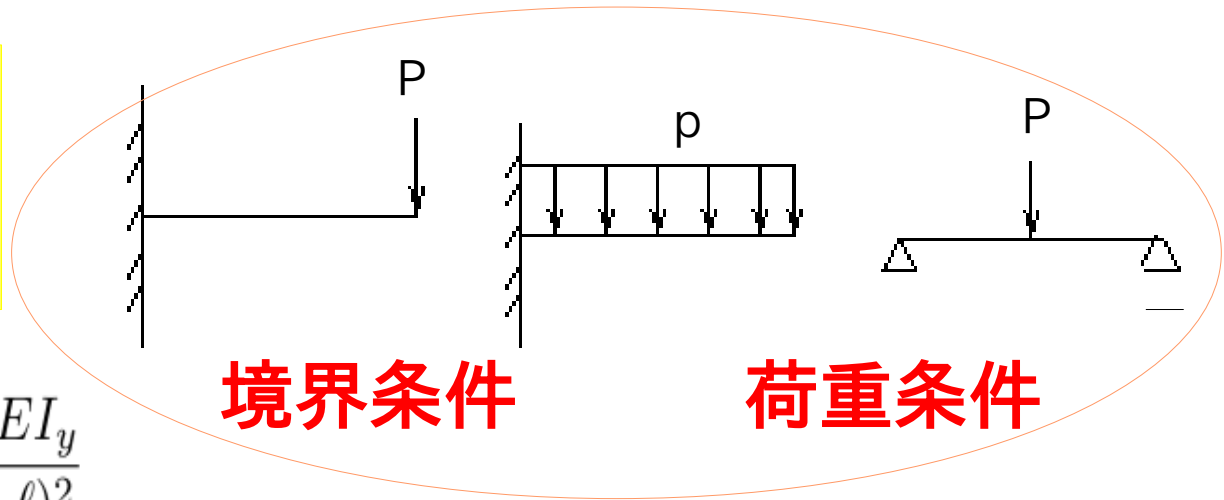
そり拘束条件の異なるI型梁の横ねじれ座屈

環境構造工学講座 04473 本田裕子

横ねじれ座屈 → 薄肉構造の強度を支配

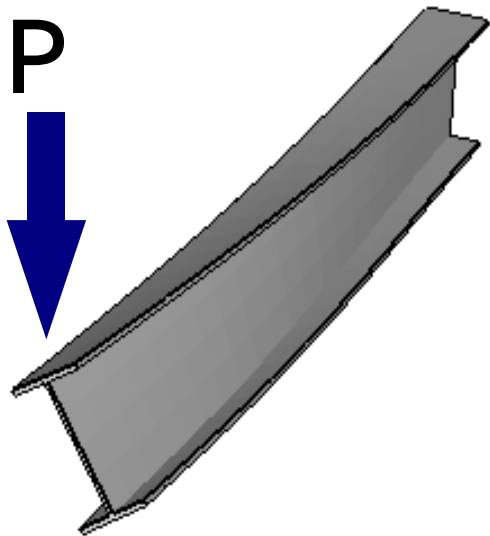
座屈荷重の算出

- ・ユーロコード
- ・座屈設計ガイドライン('05)



境界条件

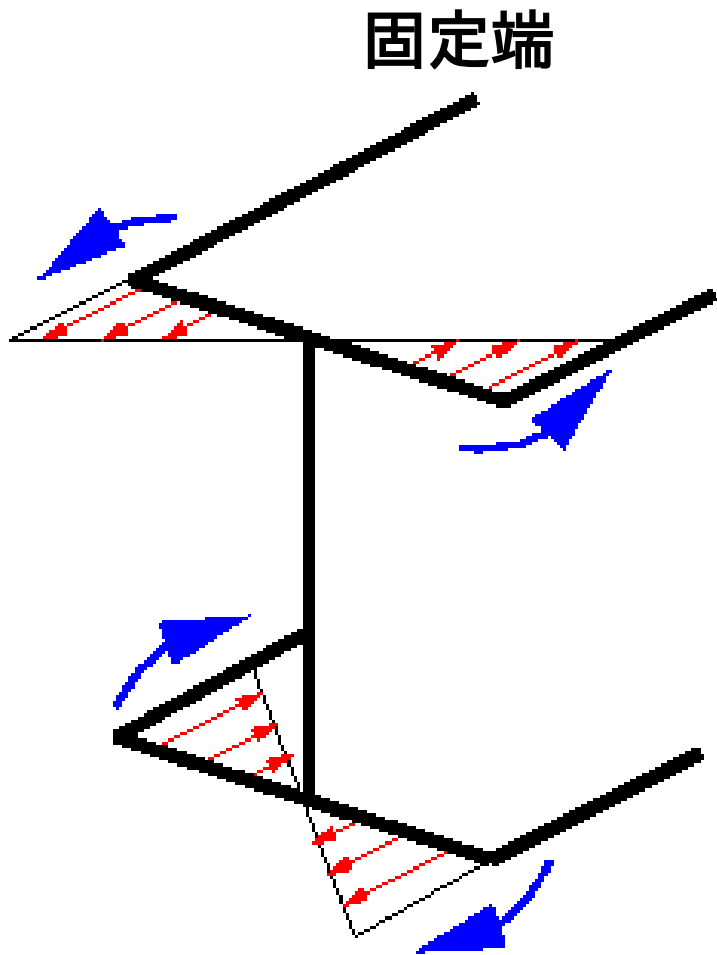
荷重条件



$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_y}{(k_z \ell)^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} + \frac{(k_z \ell)^2 GJ}{\pi^2 EI_y} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 - (C_2 z_g - C_3 z_j)} \right]$$

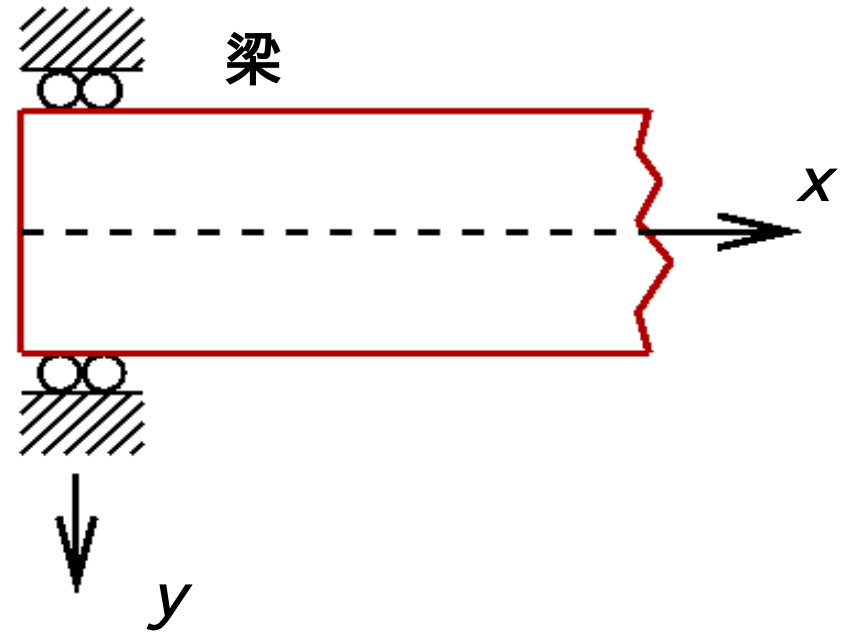
そりの拘束条件 → ×

そりの拘束条件

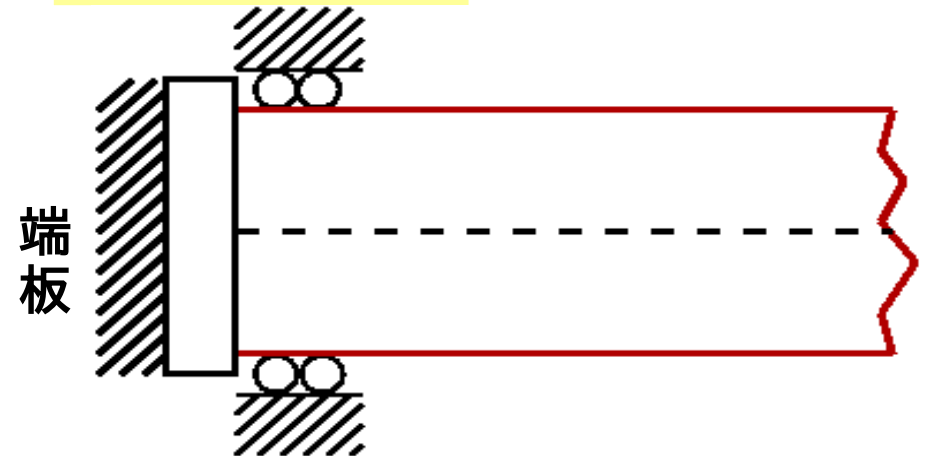


フランジが軸方向に変位

・ そり自由(単純支持)



・ そり固定



A.Andradeの論文('06)

そり拘束条件考慮できる

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_y}{(k_z \ell)^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} + \frac{(k_z \ell)^2 GJ}{\pi^2 EI_y} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right]$$

そり拘束

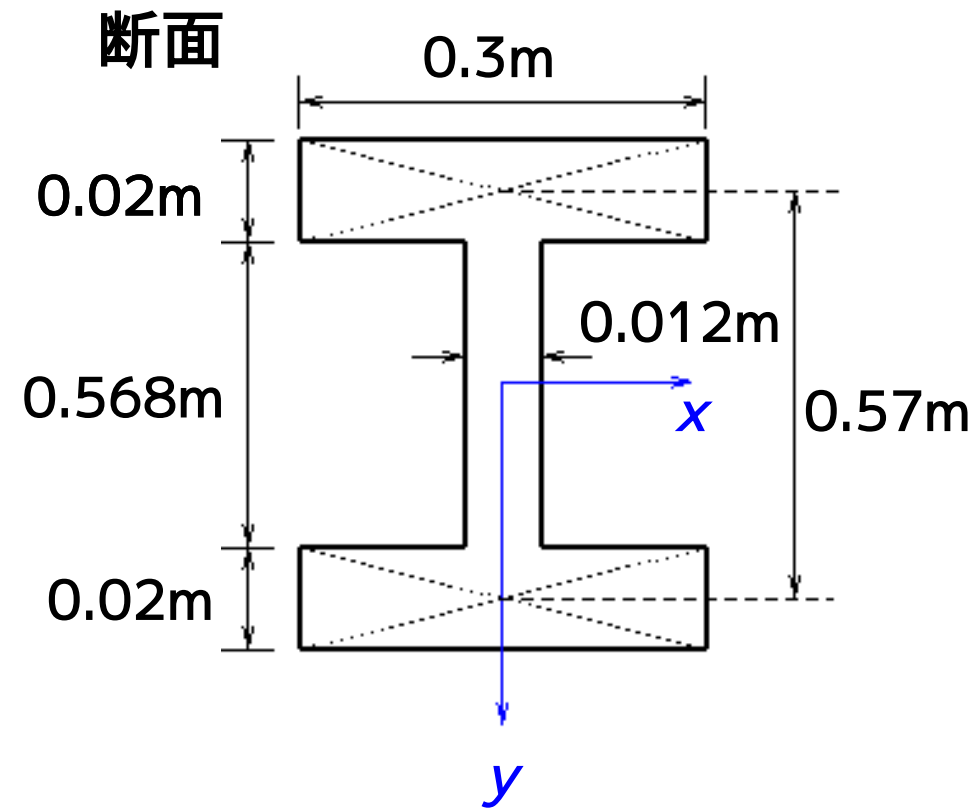
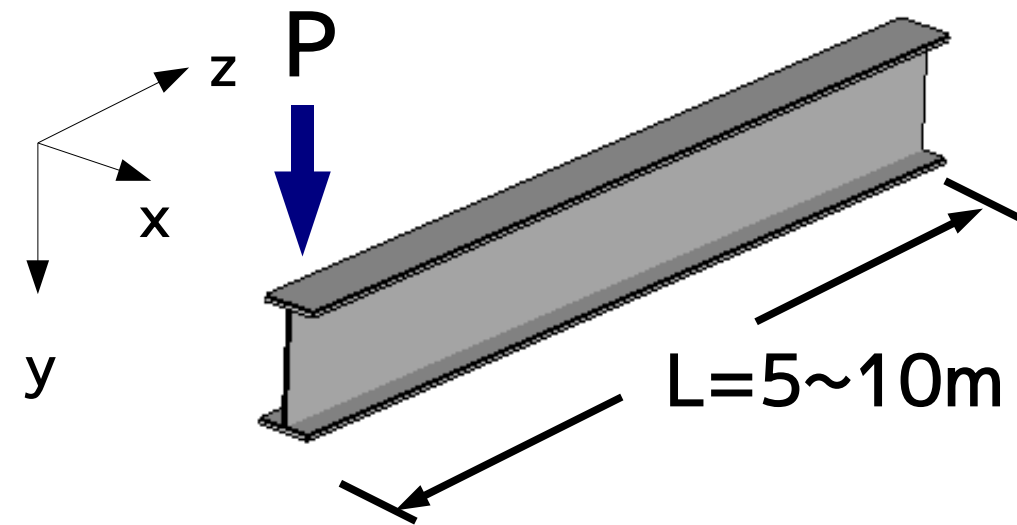
$$C_1 = \frac{2.462}{\sqrt{1 + K^2}} + \frac{2.383K}{\sqrt{1 + K^2}}$$

そり自由

$$C_1 = \frac{2.437}{\sqrt{1 + K^2}} + \frac{0.613K}{\sqrt{1 + K^2}} - \frac{0.105K^2}{\sqrt{1 + K^2}}$$

$$K = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{EI_y h_s^2}{4GJ}}$$

解析モデル



$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_y}{(k_z \ell)^2}$$

$$\times \left[\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} + \frac{(k_z \ell)^2 GJ}{\pi^2 EI_y} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right]$$

2軸対称

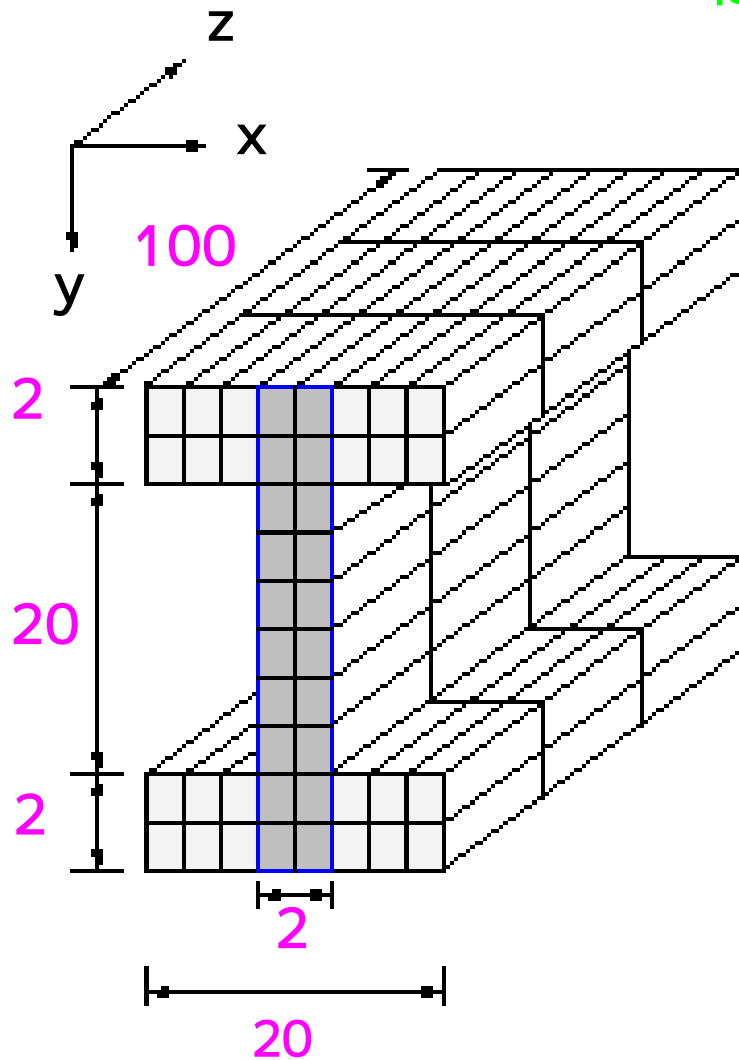
$$k_z = 2 \quad k_w = 1$$

$$z_g = 0 \quad z_j = 0$$

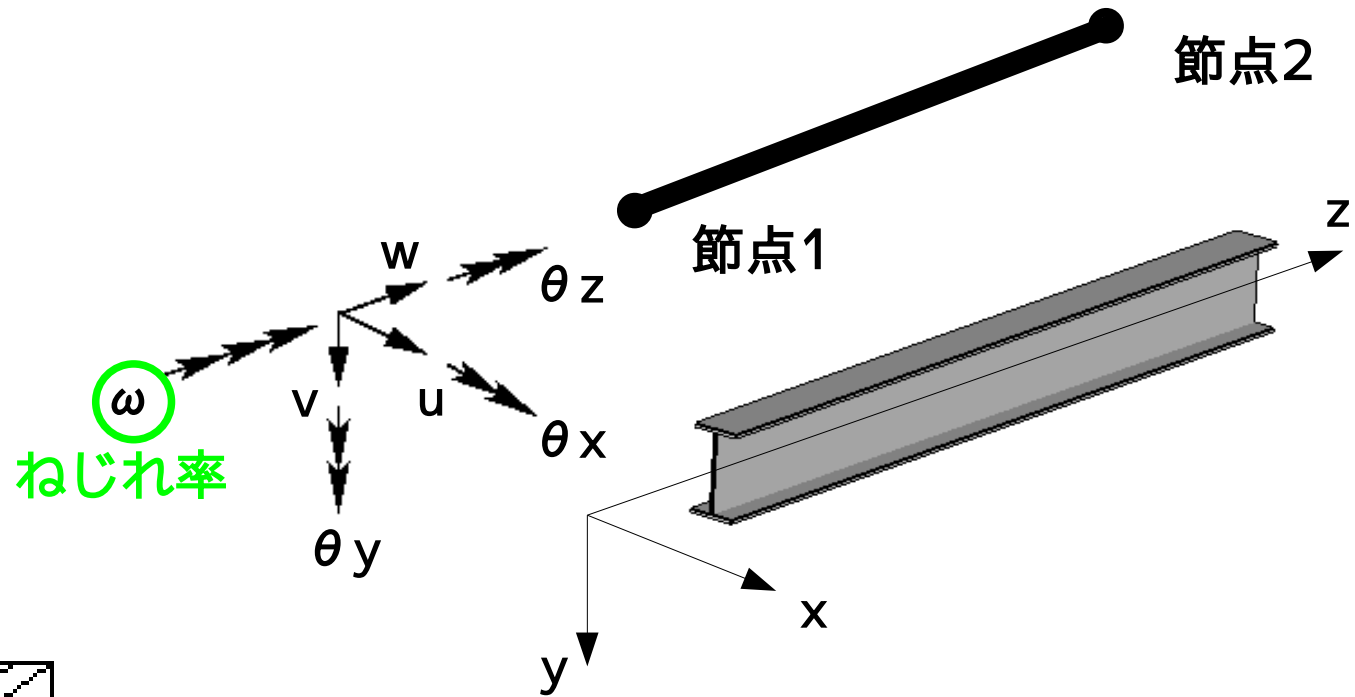
$$P_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_y}{4\ell^3} \times \sqrt{\frac{4I_w}{I_y} + \frac{4\ell^2 GJ}{\pi^2 EI_y}}$$

梁要素解析

2節点14自由度の 梁要素



ω
ねじれ率



立体要素解析

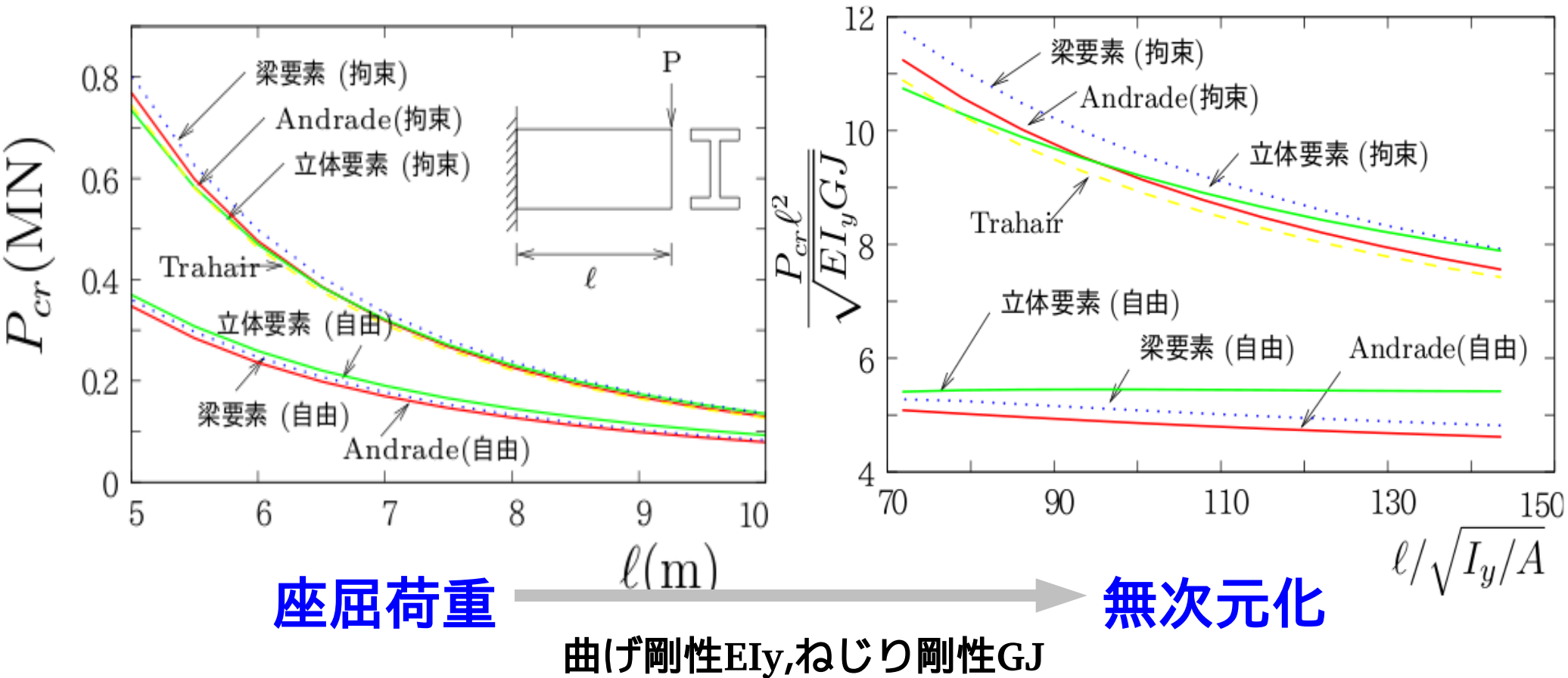
8節点24自由度の直方体要素

→ CalculiX

そり拘束 → 全節点拘束

そり自由 → ウェブ部分拘束

解析結果



座屈荷重

曲げ剛性 EI_y ,ねじり剛性 GJ

無次元化

Trahairの座屈公式

$$P_{cr} = \frac{\sqrt{EI_y GJ}}{l^2} \left(3.95 + 3.52 \sqrt{\frac{\pi^2 EI_w}{GJ l^2}} \right)$$

そりを拘束した方が座屈荷重大

Andradeの解は
有限要素の解に近い

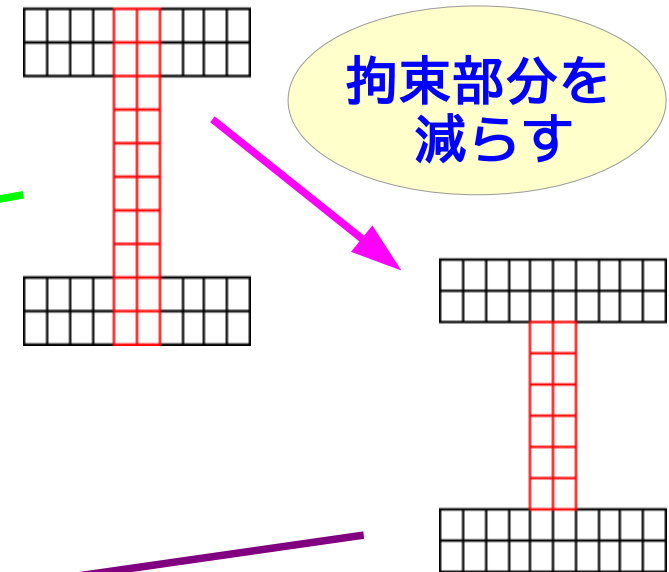
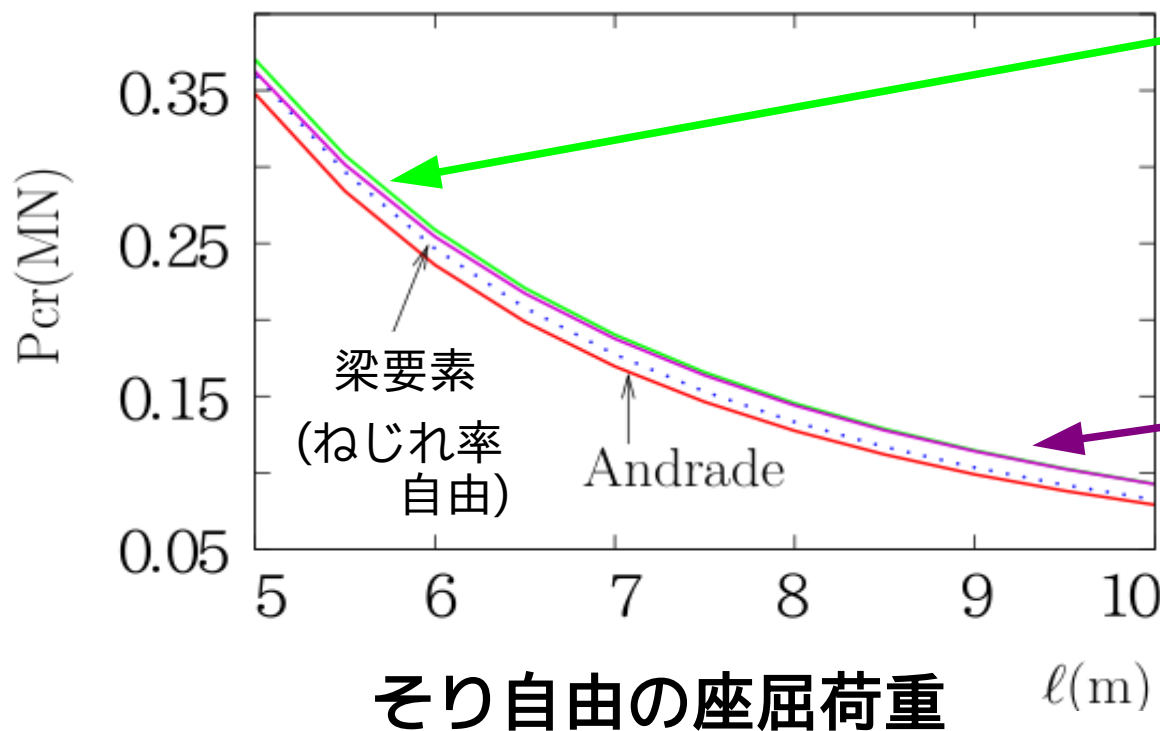
まとめ

Andrade ≡ 有限要素

梁要素

立体要素

立体要素の
そり自由 → 拘束部分多い?



若干小さい値に

目次

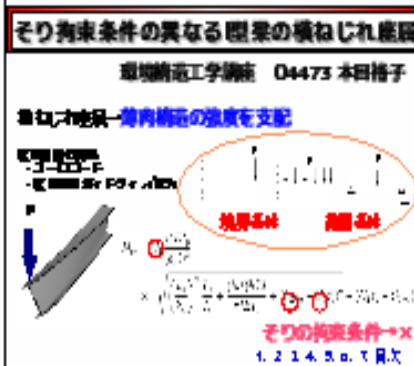
1.はじめに

2.そり条件

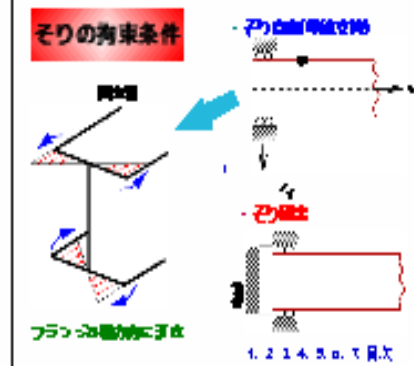
3.Andradeの論文

4.解析モデル


1 **そり拘束条件の異なる型梁の横ねじれ座屈**
環境電気工学講座 04473 本田裕子
最近の地盤-梁内構法の強度を支配
境界条件 拘束条件
その拘束条件→×
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



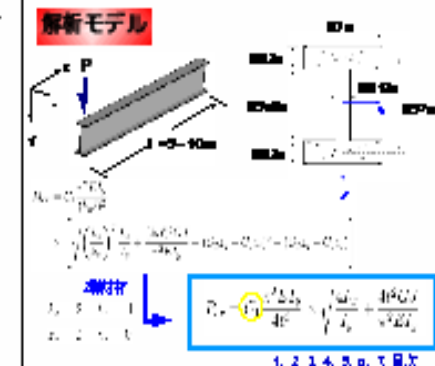
2 **そりの拘束条件**
- 子自由端固定端
- 子固定端
- 子自由端
同断面
フランジの端部に固定
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



3 **A Andradeの論文(06)**
そり拘束条件考慮できる
そり拘束
そり拘束
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



4 **解析モデル**
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次

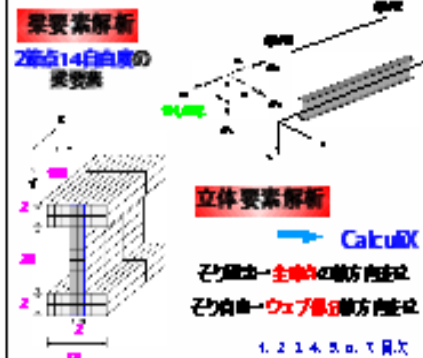


5.有限要素

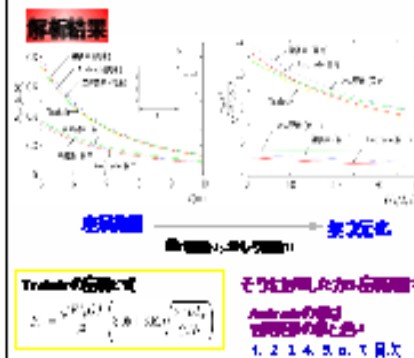
6.解析結果

7.まとめ

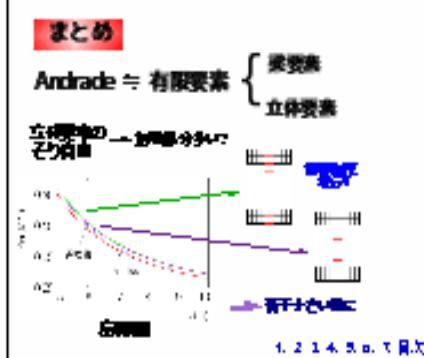
5 **要素解析**
2次元14自由度の要素表
立体要素解析
CalkuX
そり拘束-主軸の軸方向固定
そり拘束-ウェブの軸方向固定
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



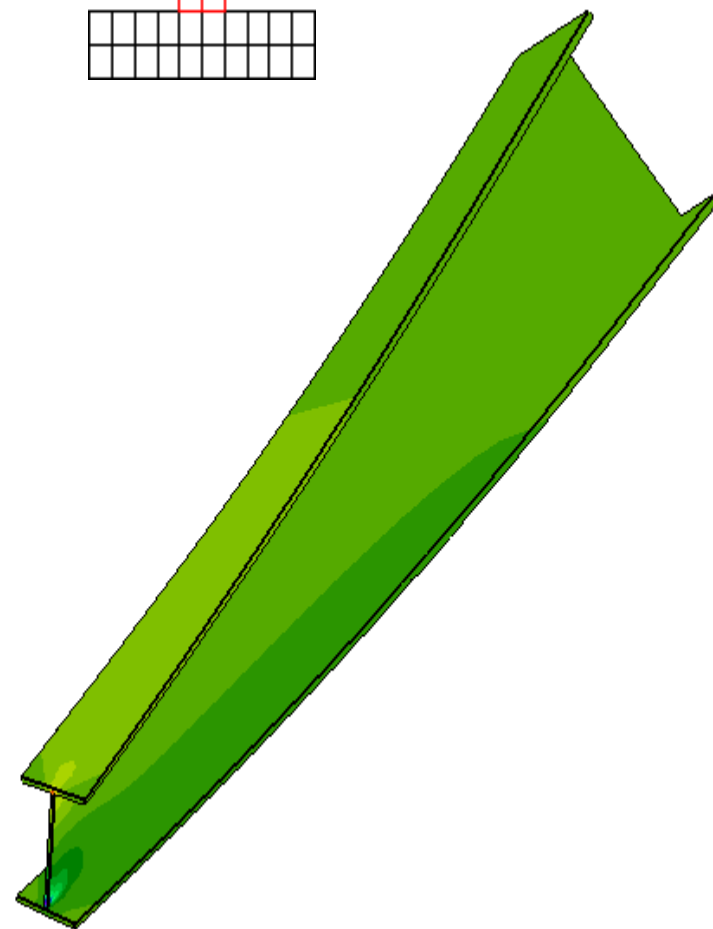
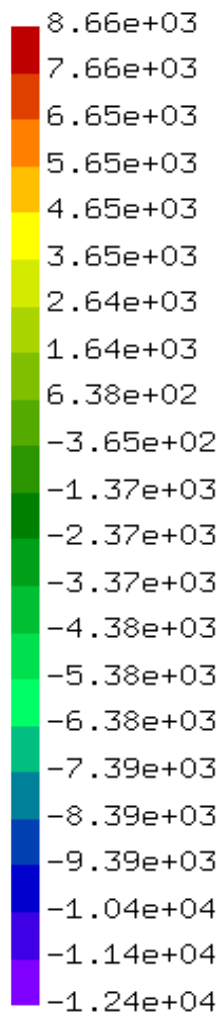
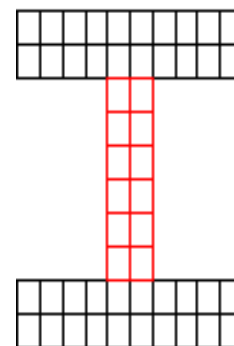
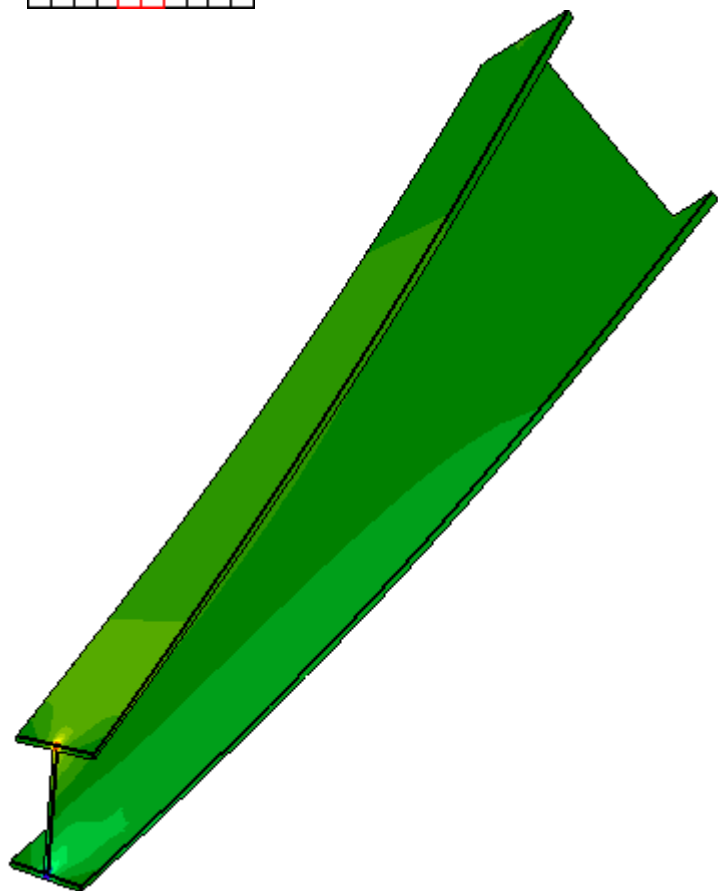
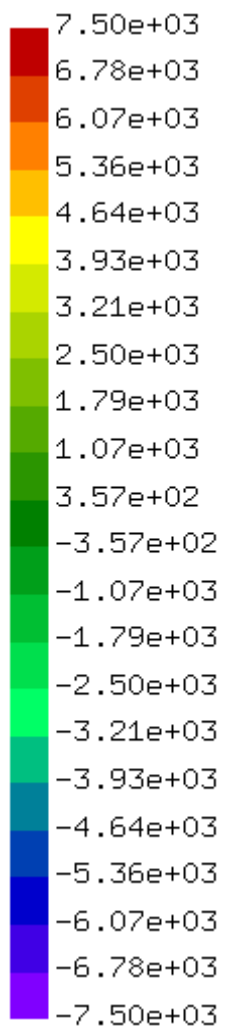
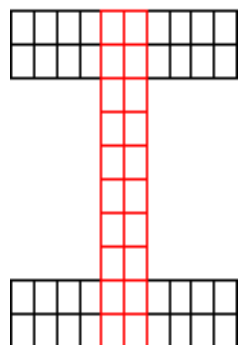
6 **解析結果**
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



7 **まとめ**
Andrade ⇔ 有限要素
変位表
立体要素表
1. 2. 1. 4. 5. 6. 7. 目次



应力图



$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_y}{(k_z \ell)^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_y} + \frac{(k_z \ell)^2 GJ}{\pi^2 EI_y} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 - (C_2 z_g - C_3 z_j)} \right]$$

C1 : 曲げモーメント分布の影響を考慮する係数

C2 : 中間荷重のはり断面における作用高さ(hp)

の影響を加味する係数

C3 : 断面形状の非対称性の影響を加味する係数

(hpは荷重の作用点とせん断中心との距離)

ヤング率	210GPa
せん断弾性係数	80.7GPa
ねじり定数	$1.9 \times 10^{-5} \text{m}^6$
そりねじり定数	$7.3 \times 10^{-6} \text{m}^4$