均等なブレース付き骨組の柱材の実用座屈長さ評価式

北九州市立大学
城戸　將江

座屈現象

鋼材は強度が大きい

↓

柱・梁の部材断面が小さくなる

（部材が細長くなる）

↓

材料の降伏点に達する前に曲げ変形がおき，
座屈することがある

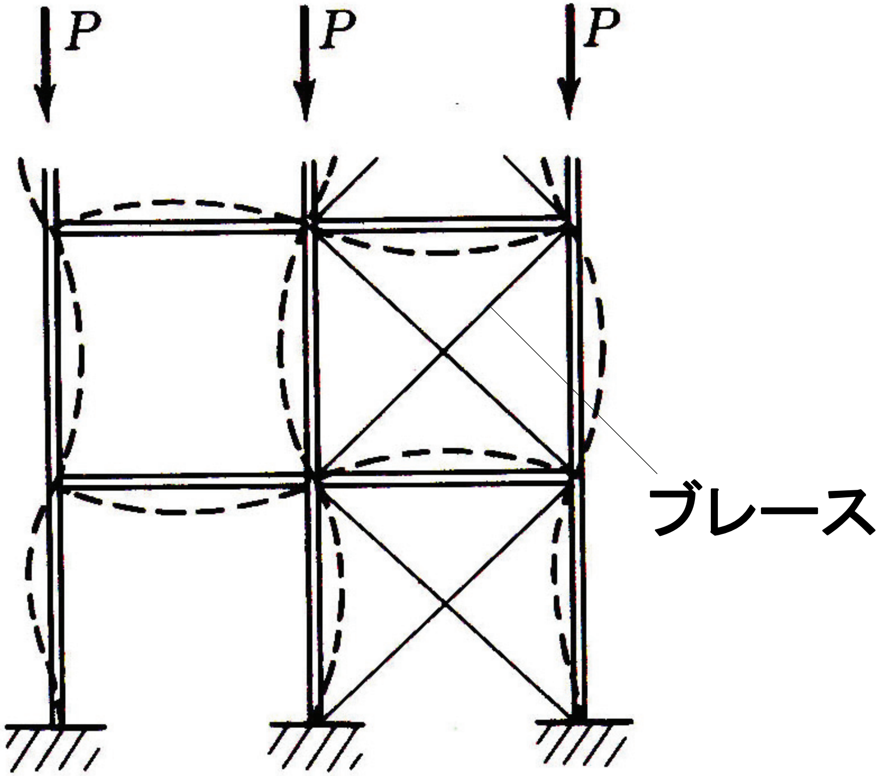
座屈荷重を適切に評価することが大切

柱材の座屈荷重(座屈長さ)を求める方法

- 座屈たわみ角法：　精解値(数値計算が必要)
- 設計図表　　　　：　精解値を図表化
- エネルギ法　　　：　近似解法
- FEM解析

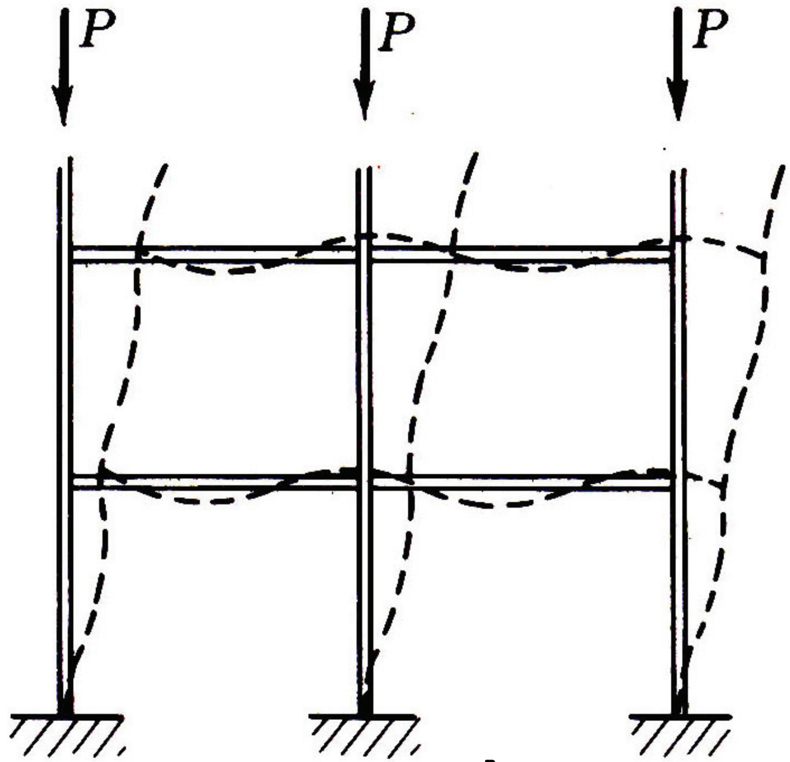
などがある.

骨組の座屈



swayなし

座屈長さ係数*K*は1以下



swayあり

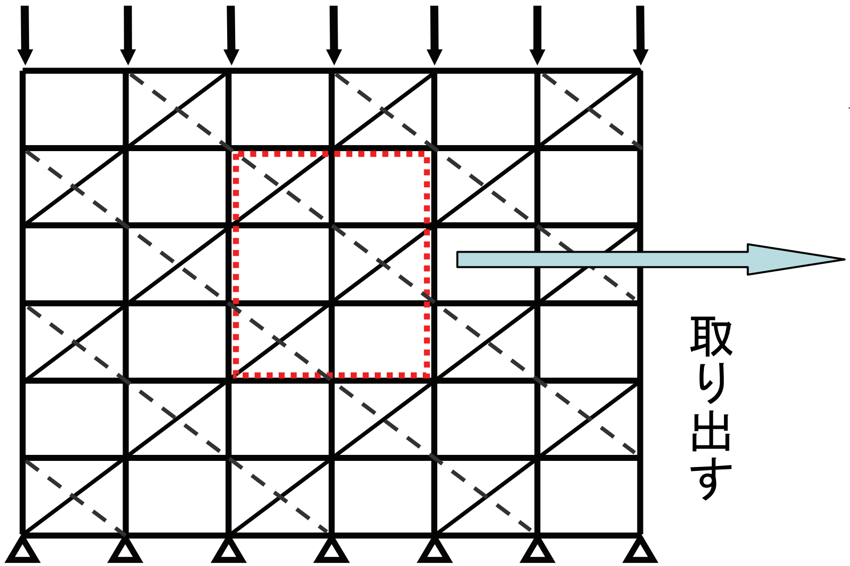
座屈長さ係数*K*は1以上

ブレースの水平剛性がどの程度あれば，
swayなしになるのか？

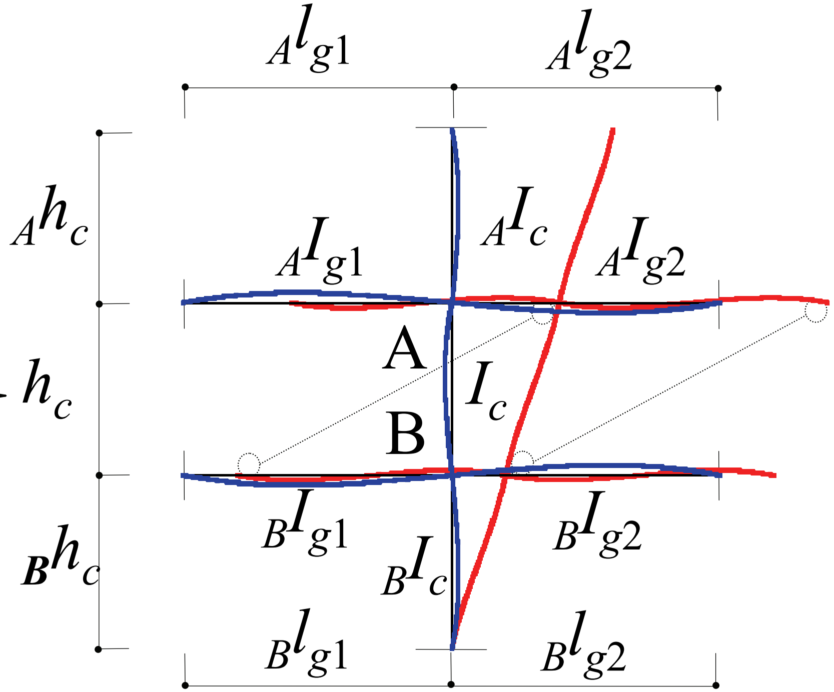
研究目的

- エネルギ法により座屈長さ係数を算定する
- 均等な骨組の中の柱材の座屈設計において，精度が良く，使いやすい座屈長さ係数評価法を提案する

解析モデルの設定



均等なブレース付き骨組



部分架構骨組

ブレースの水平剛性を示す
無次元水平剛性k*

柱脚ピンの骨組で，**（座屈長さ）＝（階高）**とするために必要なブレースの柱一本あたりの水平剛性 $\boldsymbol{K_1}$

$$K_1 = \frac{\pi^2 EI_c}{h^3}$$

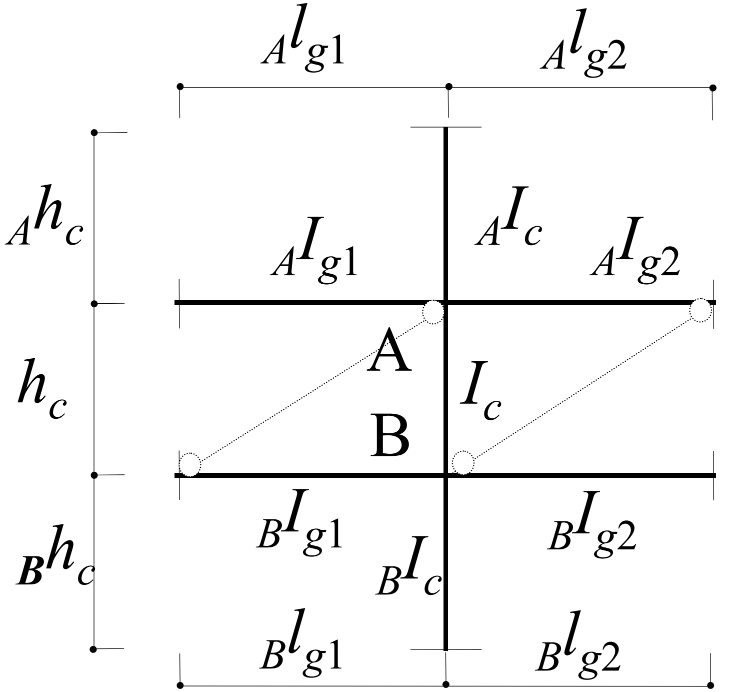
スパン数をnとした基準水平剛性 $\boldsymbol{\overline{K}}$

$$\overline{K} = (n+1)K_1 = (n+1)\frac{\pi^2 EI_c}{h^3}$$

ある層のブレースの水平剛性$\boldsymbol{K_h (=\Sigma K_{hi})}$を無次元化した無次元水平剛性

$$\boxed{k^* = \frac{K_h}{\overline{K}}}$$

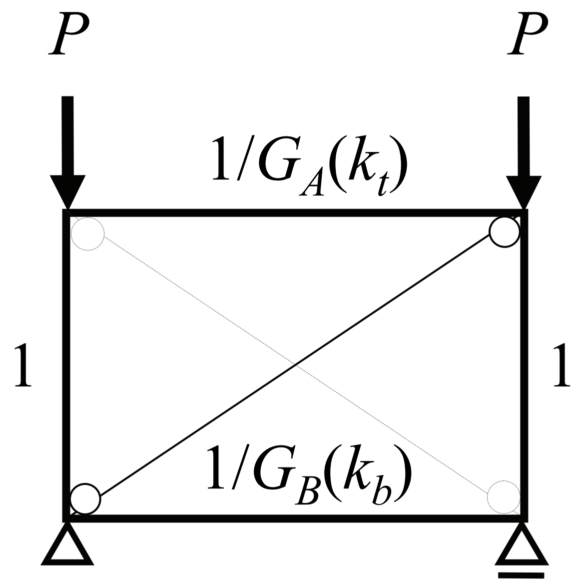
解析モデル



座屈条件式は等価

$$G_A = \frac{(I_c / h_c) + ({}_A I_c / {}_A h_c)}{({}_A I_{g1} / {}_A l_{g1}) + ({}_A I_{g2} / {}_A l_{g2})},$$

$$G_B = \frac{(I_c / h_c) + ({}_B I_c / {}_B h_c)}{({}_B I_{g1} / {}_B l_{g1}) + ({}_B I_{g2} / {}_B l_{g2})}$$



解析モデル

こちらで解析

エネルギ法による計算

1. たわみを仮定して，柱，梁，ブレースのひずみエネルギを計算する.
2. 圧縮力のポテンシャルエネルギを計算する.
3. 座屈荷重および座屈長さ係数を求める.

計算結果

1層nスパンの骨組で得た結果を用いた

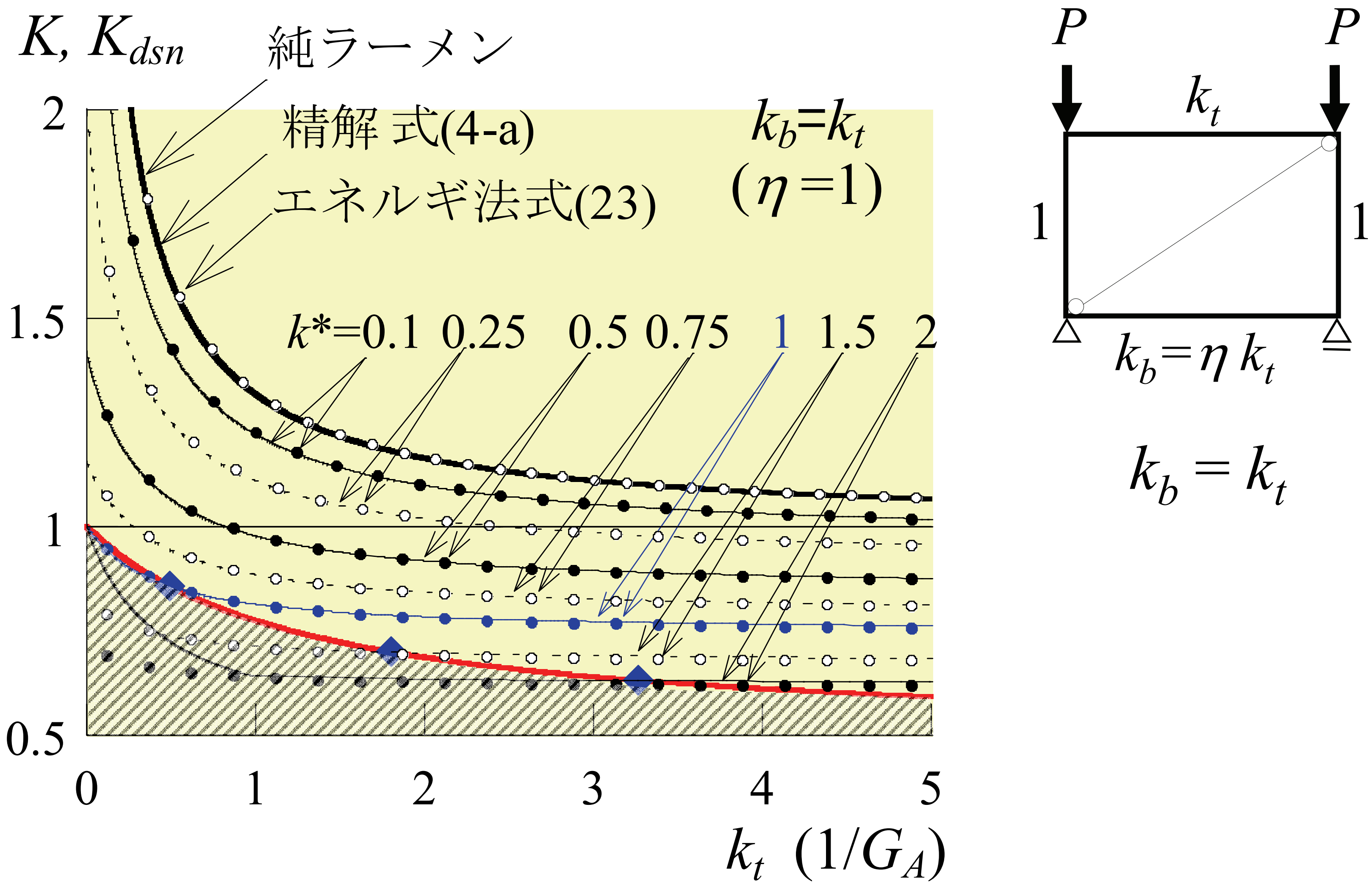
座屈長さ係数K_{dsn}

$$K_{dsn}(k_t, k_b, k^*) = \sqrt{\frac{5+20(k_b+k_t)+24(k_b^2+k_t^2)+63k_bk_t(1+k_b+k_t)+54k_b^2k_t^2}{\frac{1}{2}\pi^2k^*+(3+2\pi^2k^*)(k_b+k_t)+(30+7\pi^2k^*)k_bk_t+(6+2\pi^2k^*)(k_b^2+k_t^2)+(45+6\pi^2k^*)k_bk_t(k_b+k_t)+(54+\frac{9}{2}\pi^2k^*)k_b^2k_t^2}}$$

k_t, k_b: 上下梁の剛比
（1/G_A, 1/G_B)

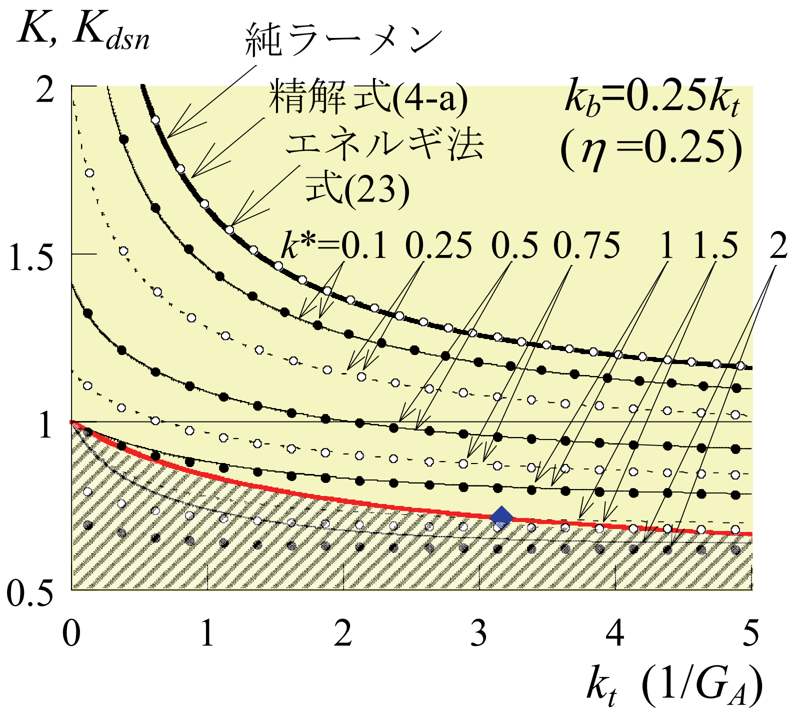
k^*: ブレースの無次元水平剛性

座屈長さ係数と梁剛比

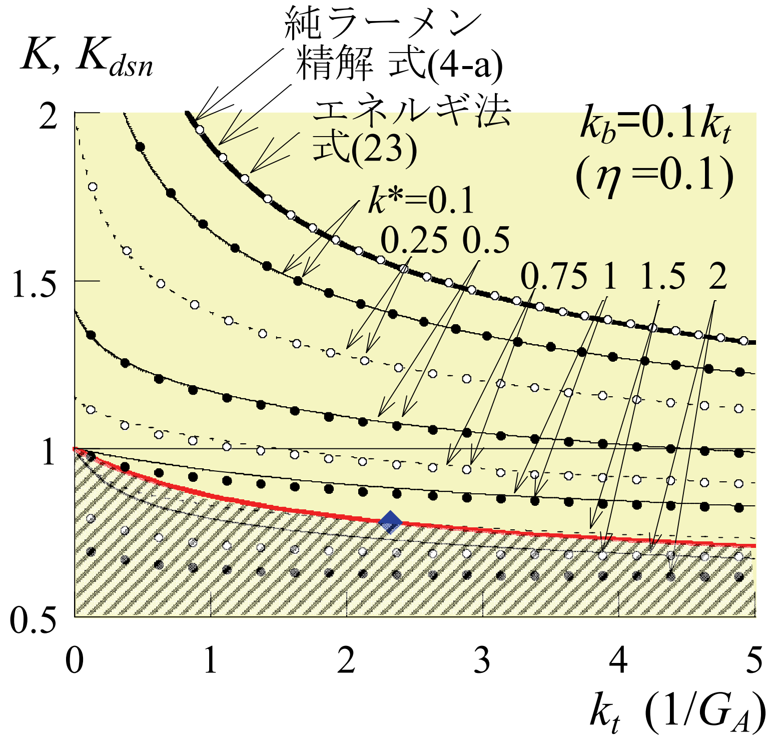


$$k_b = k_t$$

座屈長さ係数と梁剛比

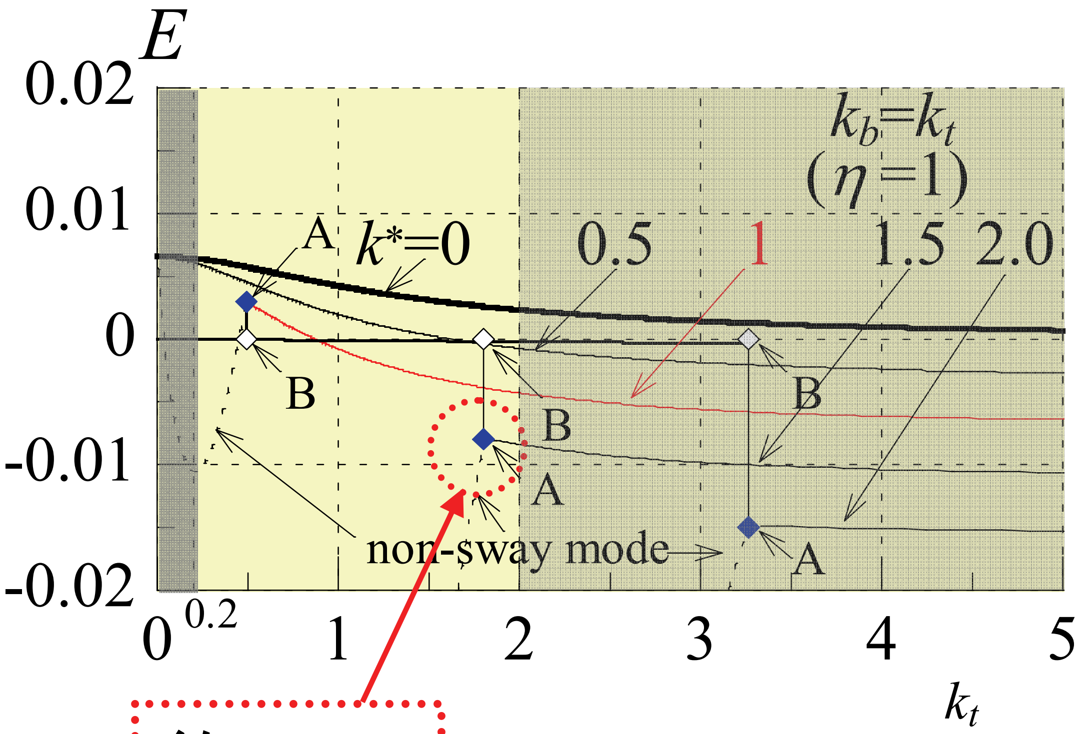


$k_b = 0.25\ k_t$



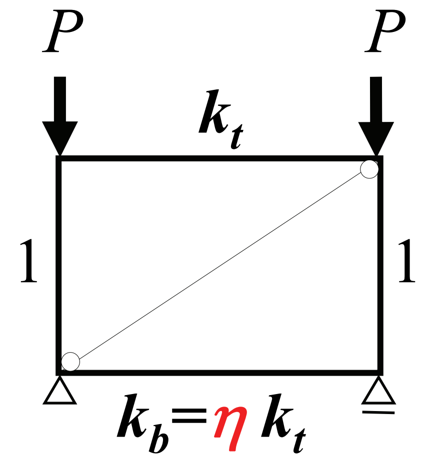
$k_b = 0.1\ k_t$

誤差 $E=(K_{dsn}-K)/K$



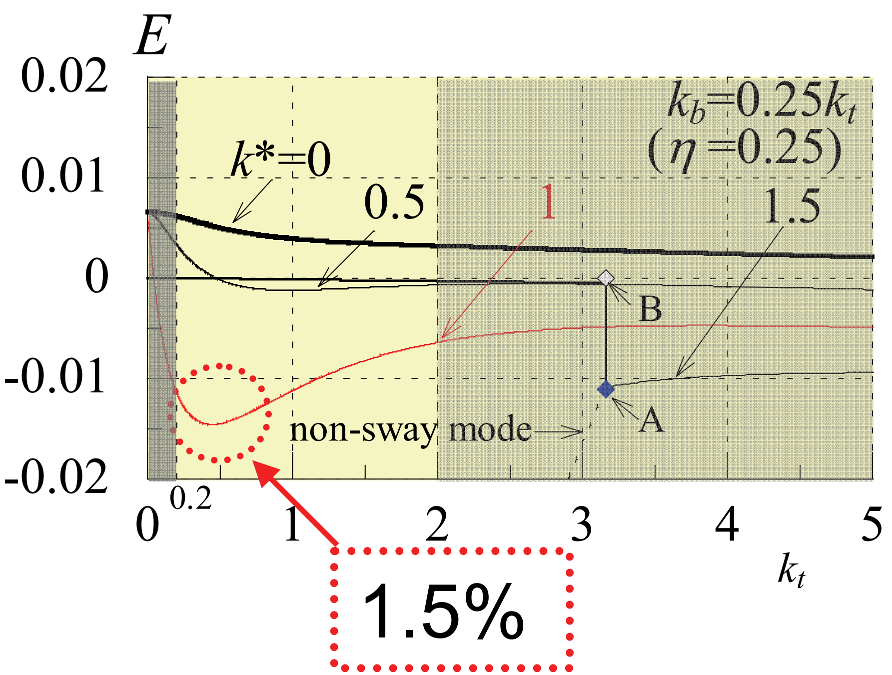
約0.7%

$k_b = k_t$

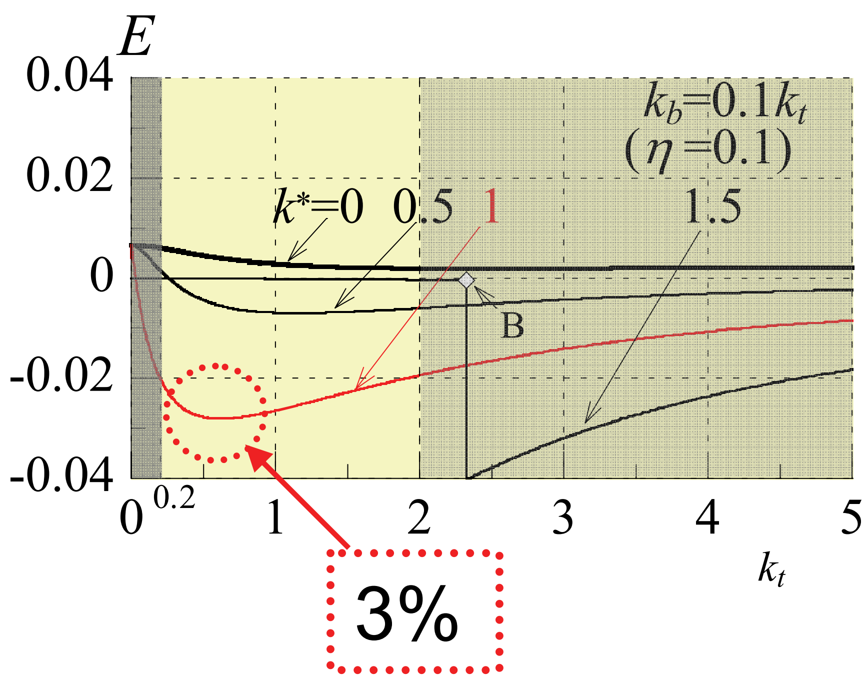


$k_b = k_t$

誤差 $E=(K_{dsn}-K)/K$



$k_b = 0.25\ k_t$



$k_b = 0.1\ k_t$

提案する座屈長さ評価式

座屈長さ係数K_{dsn}

ただし，$0.5 \leqq \min(G_A, G_B) \leqq 5$,

$0.25 \leqq \min(G_A, G_B)/\max(G_A, G_B) = \eta^*$

$$\boxed{\begin{aligned}&K_{dsn}(G_A, G_B, k^*)\\&=\sqrt{\frac{5G_A^2G_B^2+20G_AG_B(G_A+G_B)+24(G_A^2+G_B^2)+63(G_AG_B+G_A+G_B)+54}{\frac{1}{2}\pi^2k^*G_A^2G_B^2+(3+2\pi^2k^*)G_AG_B(G_A+G_B)+(30+7\pi^2k^*)G_AG_B+(6+2\pi^2k^*)(G_A^2+G_B^2)+(45+6\pi^2k^*)(G_A+G_B)+(54+\frac{9}{2}\pi^2k^*)}}\end{aligned}}$$

計算の手順

1) 座屈長さ係数の算定に必要な，G_A，G_B，η^*，を計算し，適用範囲を確認する．
2) ブレースの無次元水平剛性k^*を計算する．
3) 提案式より，座屈長さ係数K_{dsn}を計算する．
4) 節点移動のない場合の座屈長さ係数を計算する．
5) 上記の3)，4)で求めた座屈長さ係数のうち大きいほうの値が座屈長さ係数となる．

まとめ

1) 均等なブレース付き骨組の柱材の座屈長さ係数の算定の手順を示した.
2) エネルギ法を用いて座屈長さ係数を算出した.
3) 座屈長さ係数算定式を提案した. 適用範囲は,

   $0.5 \leqq \min(G_A, G_B) \leqq 5$,

   $0.25 \leqq \eta^{*} = \min(G_A, G_B)/\max(G_A, G_B)$

   である.
4) 提案した座屈長さ係数K_{dsn}は, 誤差1.5%程度で精解値を評価できる.