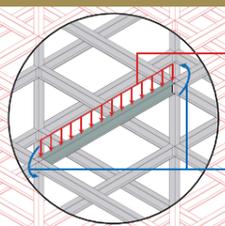


# 端モーメントおよび等分布荷重が作用するH形断面梁ウェブの弾性局部座屈耐力

ELASTIC LOCAL BUCKLING STRENGTH OF WIDE FLANGE BEAM WEB PLATES SUBJECTED TO END MOMENTS AND UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

五十嵐研究室 21M50321 中野貴(Tomoki NAKANO)

## 研究背景・目的



- 積載荷重
- 固定荷重による分布荷重
- 地震力などの水平荷重による端部曲げ

- 1 現行の各種設計指針は単純な応力状態に基づいた設計式で構成
- 2 分布荷重が付与された荷重条件での局部座屈について検討された研究が少なく局部座屈挙動が詳細に検討されていない

検討対象 端モーメント・等分布荷重作用条件下におけるH形断面梁ウェブの弾性局部座屈耐力を明らかにする

## 解析概要

手法: エネルギー法を用いた理論解析によって座屈耐力(座屈係数)を算出

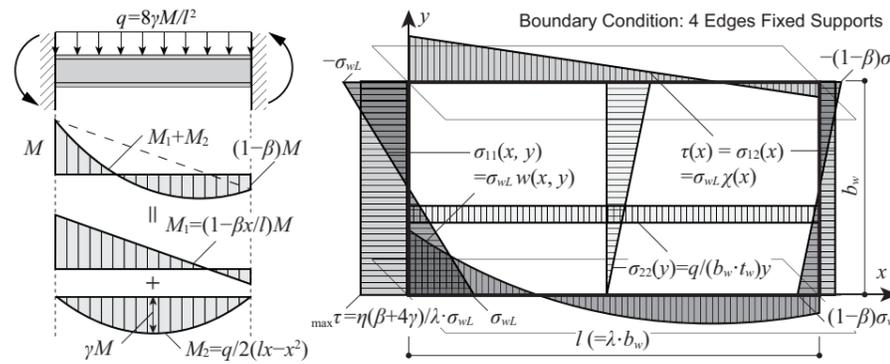


Fig. 1 荷重条件および解析モデル(応力分布)図

## $k_\sigma$ : 曲げ座屈係数

$\sigma_w = k_\sigma \sigma_0$   $\sigma_0$ : 部材断面で決まる単位応力度  
→ 局部座屈耐力を定量的に評価する

$\beta$ : 曲げモーメント勾配  
 $\gamma$ : 等分布荷重係数

→  $\gamma$ が大きいほど等分布荷重の影響が大きい

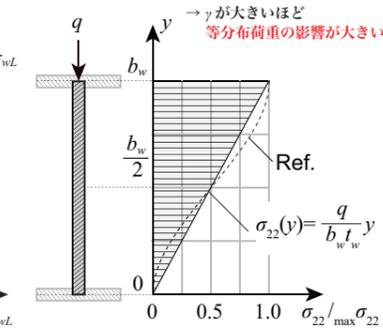


Fig. 2 梁せい方向の圧縮(引張)応力分布

既往の検討では登場しない梁せい方向の応力を適切に考慮する

梁せい方向応力  $\sigma_y(y) = \frac{q}{b_w t_w} y$  FEM解析および理論式より導出した近似式 (Ref.: Theory of Elasticity 3rd Edition / Timoshenko)

$$\text{変位関数 } W = \sum_i \sum_j a_{ij} \sin \frac{i\pi x}{l} \sin \frac{j\pi y}{b_w} \sin \frac{j\pi y}{b_w}$$

エネルギー法: ひずみエネルギー = 応力仕事

## ウェブ要素のひずみエネルギー

$$\Delta U = \frac{1}{2} D \int_0^l \int_0^{b_w} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)^2 - 2(1-\nu) \left[ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx dy$$

材長方向曲げ応力による仕事  $\Delta T_1 = \frac{1}{2} t_w \int_0^l \int_0^{b_w} \sigma_{11}(x,y) \left( \frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 dx dy$

せん断応力による仕事  $\Delta T_2 = \frac{1}{2} t_w \int_0^l \int_0^{b_w} 2\tau(x) \left( \frac{\partial W}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial W}{\partial y} \right) dx dy$

梁せい方向応力による仕事  $\Delta T_3 = \frac{1}{2} t_w \int_0^l \int_0^{b_w} \sigma_{22}(y) \left( \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 dx dy$

## 弾性局部座屈モードと耐力変化

等分布荷重と曲げせん断力を受ける場合に等分布荷重が局部座屈に及ぼす影響を明らかにする

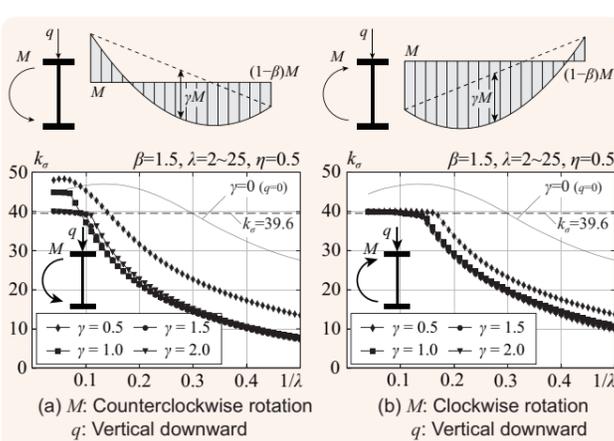


Fig. 3 鉛直下向き作用時の局部座屈耐力推移

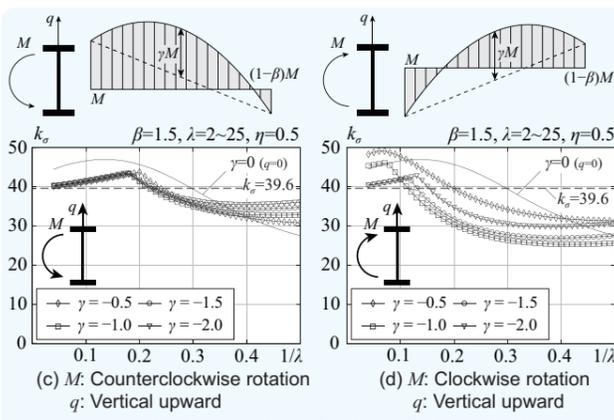


Fig. 4 鉛直上向き作用時の局部座屈耐力推移

曲げモーメント分布が同じ形となる組み合わせで比較  
= Fig. 3(a)とFig. 4(d), Fig. 3(b)とFig. 4(c)で比較  
(等分布荷重の作用方向のみの影響を確認可能)

- ①常に鉛直下向き作用時の方が耐力が小さい
- ②耐力推移の特徴は類似している

→ 最も耐力が小さい場合の上フランジ鉛直下向き作用時について検討する

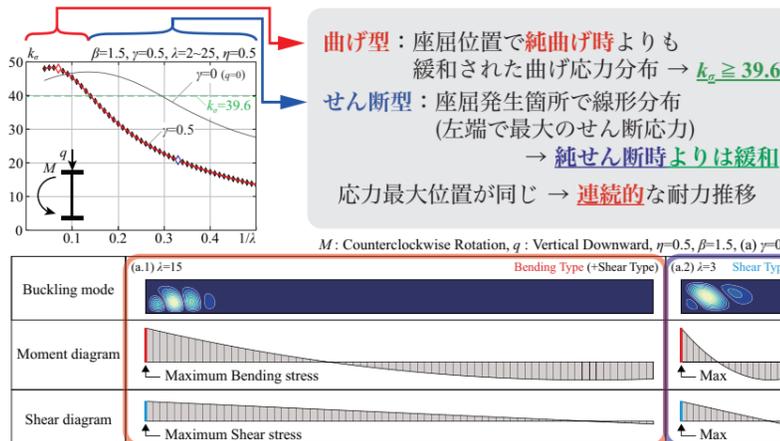


Fig. 5 曲げせん断連続型局部座屈を含む耐力推移および座屈モード図

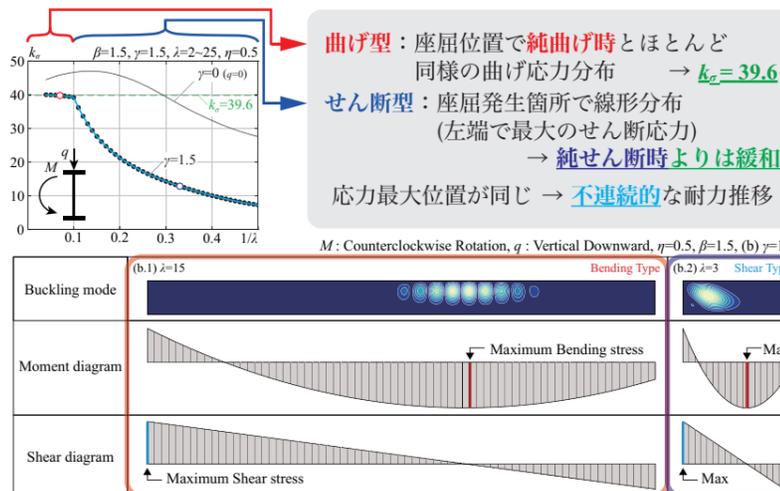


Fig. 6 曲げせん断連続型局部座屈を含まない耐力推移および座屈モード図

等分布荷重の作用によって2種の座屈モードのうちせん断型局部座屈を生じやすく、せん断型の場合は  $\gamma=0$  より耐力は低下

→ 上記の局部座屈モード変化・耐力変化の特徴を踏まえ等分布荷重の影響を考慮した耐力評価を行う

## 弾性局部座屈耐力評価

純曲げ時の曲げ応力度と純せん断時のせん断応力度で基準化し座屈時の応力度関係を下限値評価

$$\left( \frac{k_\sigma/k_{\sigma 0}}{1} \right)^4 + \left( \frac{k_\tau/k_{\tau 0}}{N_1} \right)^{N_2} \leq 1$$

上式を満たせば安全側 Eq.(1)

$$N_1 = 1.18 - \frac{0.18}{(\gamma+1)^{5/3}} \text{ Eq. (2.a)}$$

: 等分布荷重の作用によるせん断応力度分布の緩和の影響を反映した係数

$$N_2 = \frac{9}{4} \gamma + 3 \text{ Eq. (2.b)}$$

: 等分布荷重の作用による連成局部座屈を生じる条件の狭小化の影響を反映した係数

上記の評価式より境界線の曲げせん断応力度関係から一般化幅厚比を導出 (Fig. 6)

純曲げ時・純せん断時の座屈耐力を用いることで安全に評価可能(赤線)

等分布荷重の影響を考慮したせん断座屈耐力を用いればより精度の高い耐力評価が可能(青線)

等分布荷重と曲げせん断力を受ける梁ウェブに局部座屈時の曲げせん断応力度関係から座屈耐力の簡易的評価式を提案

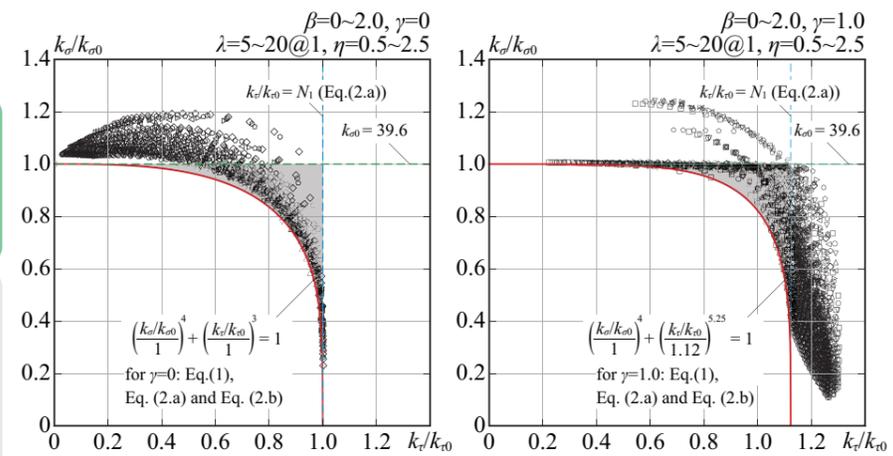


Fig. 7 弾性座屈耐力の下限値評価

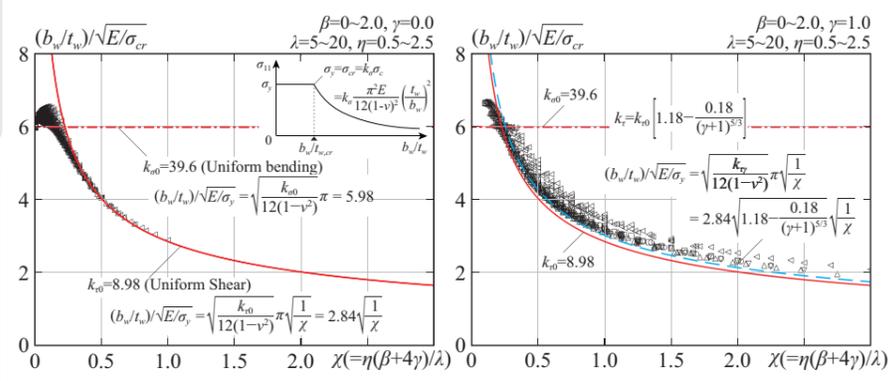


Fig. 8 弾性座屈耐力を用いた一般化幅厚比の評価

## 結論

- ①等分布荷重が上フランジから鉛直下向きに作用する場合が最も耐力が小さい
- ②曲げ型局部座屈の場合では  $k_\sigma$  は39.6以上となる  
せん断型局部座屈の場合は弾性局部座屈耐力は減少する
- ③端モーメントおよび等分布荷重が作用する梁ウェブの弾性局部座屈時の曲げせん断応力度関係より Eqs. (1),(2.a),(2.b)による耐力下限値評価式を提案  
本式より梁ウェブの弾性局部座屈判定が可能となる