

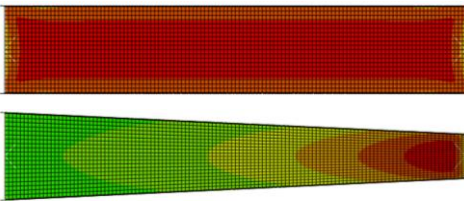
補剛材により拘束されたH形断面テーパ部材の連成座屈耐力
Distortional Buckling Strength of H-Shaped Tapered Members with Restraint

東京工業大学 五十嵐研究室 An Tongheng (アン トンヘン)

背景・目的



H形断面テーパ材を用いた架構例



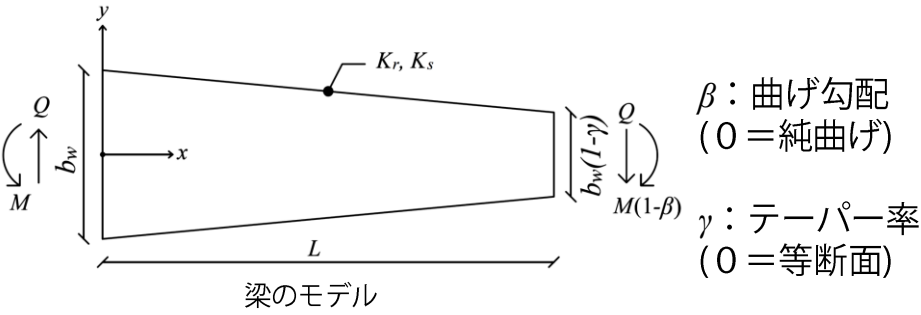
応力分布

補剛テーパ梁のメリット

- 応力状態に応じて建物重量の削減でき・経済的
- 母屋や胴縁による補剛で座屈耐力や変形性能が上昇

→ しかし、テーパ率と拘束の影響は不明

研究目的：応力状態を解明し、座屈耐力の評価式を提案する



β : 曲げ勾配
(0 = 純曲げ)

γ : テーパ率
(0 = 等断面)

研究手法

Step 1: 応力状態を力のつり合いから定式化

$$\tau_{xy} = -\frac{QS_1}{t_w I_1} + \left[\frac{MS_1 c_1}{t_w I_1^2} - \frac{Mc_2}{t_w I_1} \right] \frac{db_w(x)}{dx}$$

等断面と同じ

テーパの影響を考慮

$$c_1 = \frac{t_w h^2}{4} + 2b_f t_f h \quad c_2 = b_f t_f + \frac{t_w h}{4} \quad b_w(x) = b_w(1 - \gamma \frac{x}{L})$$

Step 2: エネルギー法により座屈耐力を導出

$$u_i = \sum_m j_m \mu_m \quad \mu_m = L \left(\cos \frac{(m-1)\pi x}{L} - \cos \frac{(m+1)\pi x}{L} \right)$$

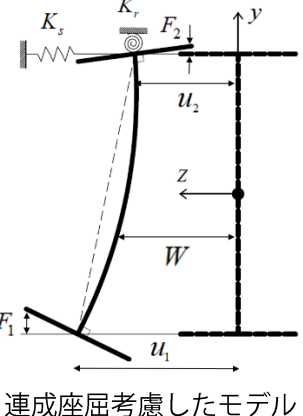
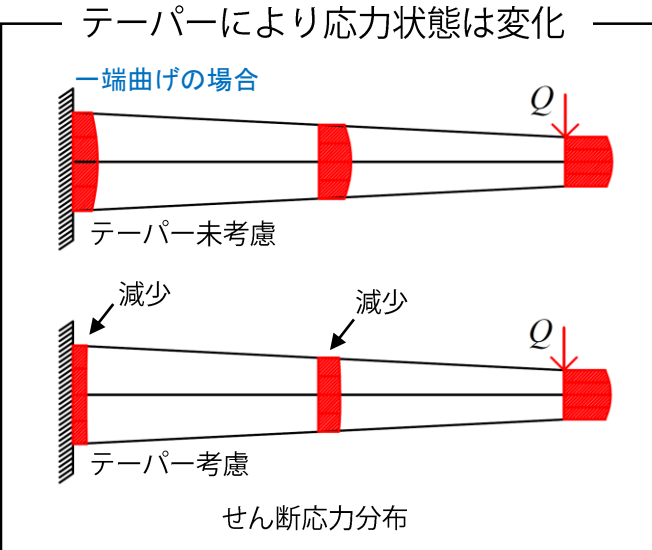
$$v_n = b_w(x) \sin \frac{n\pi y}{b_w(x)} \quad W = u_1 \left(1 - \frac{y}{b_w} \right) + u_2 \frac{y}{b_w} + \sum_m \sum_n c_{mn} \mu_m v_n$$

$$\Delta U_s = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} K_{s,i} u_{2,i}^2 \quad \Delta U_r = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} K_{r,i} \left\{ \left(\frac{\partial W}{\partial y} \right)_{y=b_w/2} \right\}^2$$

$$F_1 = -z \left(\frac{\partial W}{\partial y} \right)_{y=b_w/2} \quad F_2 = -z \left(\frac{\partial W}{\partial y} \right)_{y=b_w/2}$$

K_r : 回転拘束

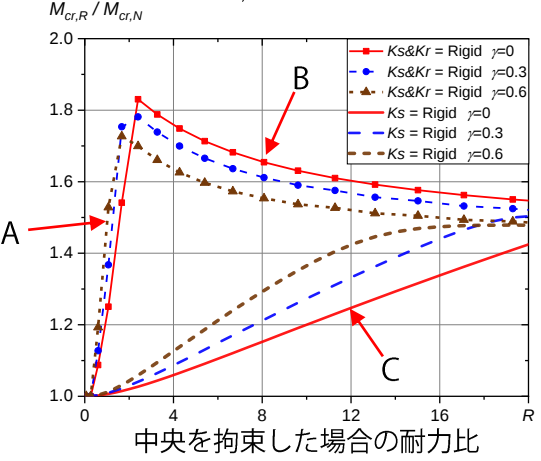
K_s : 横変位拘束



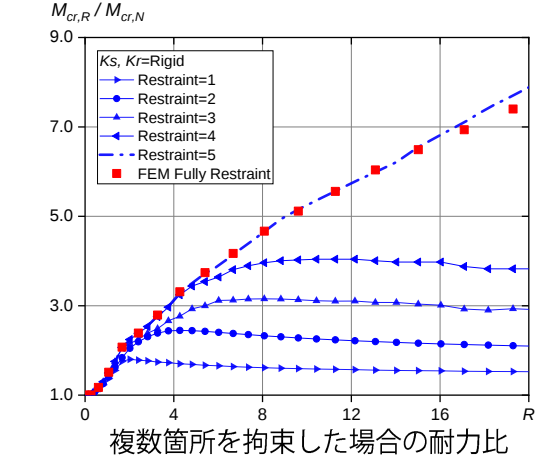
連成座屈考慮したモデル

解析結果

$M_{cr,R}$: 拘束された断面の耐力 $\gamma=0$ $\gamma=0.3$ $\gamma=0.6$
 $M_{cr,N}$: 拘束されない断面の耐力 K_r : 回転拘束 K_s : 横変位拘束



中央を拘束した場合の耐力比



複数箇所を拘束した場合の耐力比

Slenderness Factor R は断面形状変化の影響を受けず
テーパ率と拘束との影響が表現できる。

中央を拘束した場合

回転拘束&水平拘束:

領域A: 耐力が大幅に増大し、最大1.8倍まで上昇

領域B: 徐々に耐力が低下 → 2半波長が発生するため

水平拘束のみ:

領域C: 座屈耐力率に対して 等断面よりテーパ断面のほうが大きく上がる

Aの座屈モード

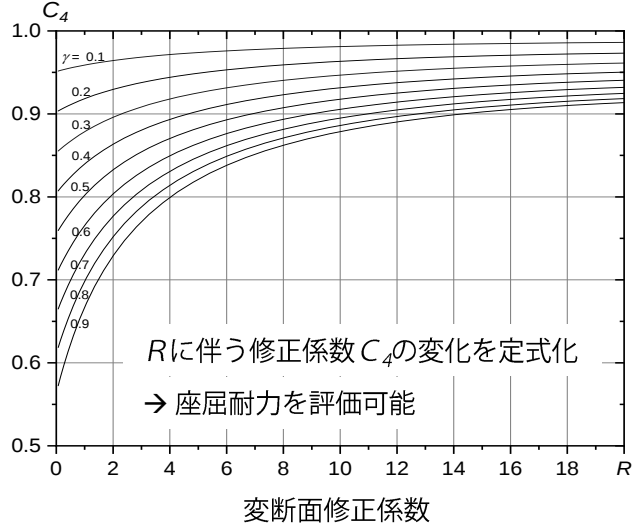
Bの座屈モード

複数拘束の場合

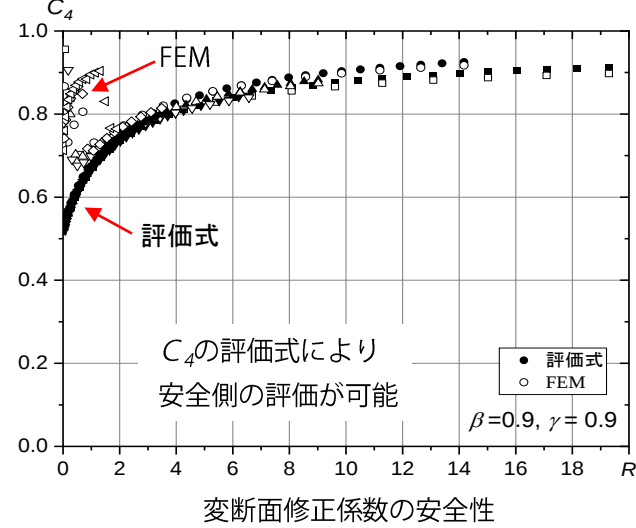
部材を5箇所拘束すると完全拘束の座屈耐力と等しくなる
→ 拘束数は耐力に大きく影響を与える

座屈耐力評価

横座屈耐力の修正係数 C_4 を求めた



R に伴う修正係数 C_4 の変化を定式化
→ 座屈耐力を評価可能



C_4 の評価式により
安全側の評価が可能

$$M_{cr\gamma} = C_4 M_{cr0}$$

M_{cr0} : 等断面の横座屈耐力

$R = L^2 GJ / \pi^2 E I_{\omega}$ 曲げねじり剛性とねじり剛性との比

$$C_4 = 1 - \frac{1}{\frac{1}{0.0012 + 0.485\gamma} + \frac{R}{-0.00157 + 2.706\gamma - 1.307\gamma^2} + \frac{R^2}{0.0317 - 160.268\gamma + 84.123\gamma^2}}$$

今後の課題

- ・拘束の影響を反映させる
- ・局部座屈耐力と連成座屈耐力の評価
- ・実験によって評価式の妥当性を検証し、塑性変形能力を評価する