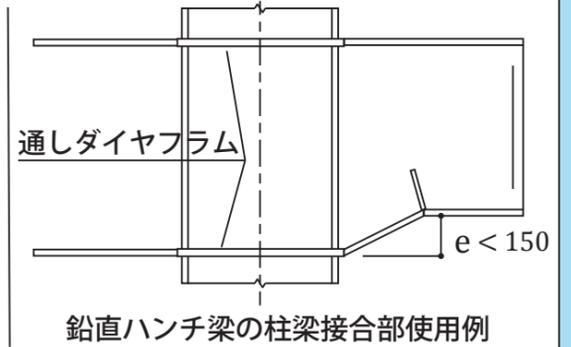


# 曲げせん断を受ける鉛直ハンチ梁の局部座屈性状および耐力

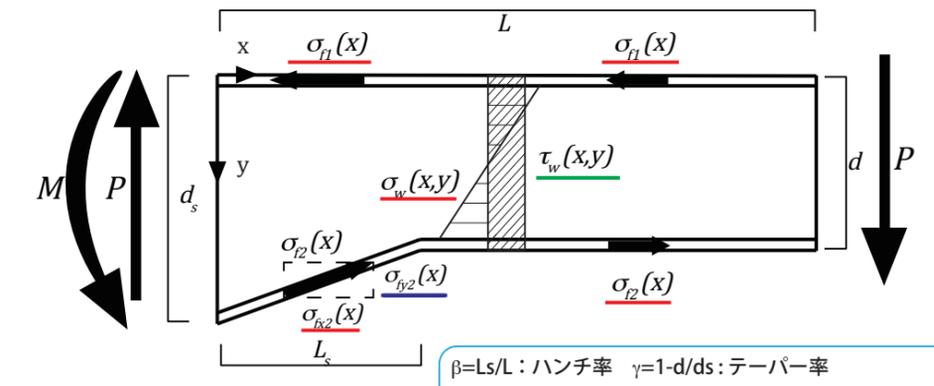
## 背景・目的

使用鋼材量を減少させた経済的な設計、接合部強度の必要性、梁せいの異なる梁同士の接合といった観点から鉛直ハンチ付梁は鋼構造の中で広く用いられている。鉛直ハンチ梁ではハンチ部ウェブの幅圧比の増加と応力度分布の変化が同時に発生するため、座屈性状および座屈耐力は等断面梁と比較して変化することが予測されるが、これらを詳細に検討した研究は数少ない。本研究ではテーパ勾配やハンチ長さなどをパラメータとして、ハンチ形状が各板要素の座屈耐力に与える影響を考察し、影響因子を抽出し、座屈挙動の全体像を把握することを目指す。



## 鉛直ハンチ梁の応力度分布

片持ち鉛直ハンチ梁の応力度分布を理論的に導出する。下フランジが勾配を持つことによってウェブのせん断力を一部負担できる。またハンチ部における断面係数の増加によって曲げ応力が減少する。以下の式からフランジが負担するせん断力はせん断曲げ比  $\eta$ 、ハンチ率  $\beta$ 、テーパ率  $\gamma$ 、のみで決まることがわかる。また右下図よりハンチによってウェブのせん断力分布は不連続となり、ウェブ縁の曲げ応力は等分布に近づくといえる。



ウェブせん断応力

$$\begin{cases} \tau_w(x,y) = \tau_w \frac{d_s}{d(x)} \left[ 1 - \gamma \left\{ 1 - \frac{1}{6\eta(x)} \frac{1-x/L}{1-\gamma x/L_s} \right\} \right] & (0 \leq x \leq L_s) \\ \tau_w(x,y) = \frac{Q}{A_w} = \frac{\tau_w}{1-\gamma} & (L_s \leq x \leq L) \end{cases}$$

ウェブ縁曲げ応力  
フランジ曲げ応力 x 方向成分 (at y=0,d(x))

$$\begin{cases} \sigma_w(x,y) = \sigma_w \frac{\eta_e}{\eta(x)} \frac{1-x/L}{(1-\gamma x/L_s)^2} \left\{ \frac{2y}{d(x)} - 1 \right\} & (0 \leq x \leq L_s) \\ \sigma_w(x,y) = \sigma_w \frac{\eta_e}{\eta} \frac{1-x/L}{(1-\gamma)^2} \left( \frac{2y}{d} - 1 \right) & (L_s \leq x \leq L) \end{cases}$$

フランジ曲げ応力 y 方向成分

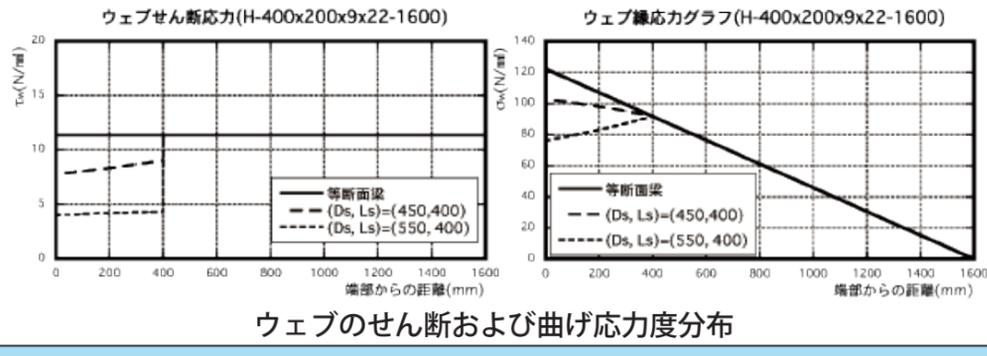
$$\begin{cases} \sigma_{fy2}(x,y) = \sigma_{fx} \frac{e}{L_s} \frac{\eta_e}{\eta(x)} \frac{1-x/L}{(1-\gamma x/L_s)^2} & (0 \leq x \leq L_s) \\ \sigma_{fy2}(x,y) = 0 & (L_s \leq x \leq L) \end{cases}$$

下フランジ負担せん断力

$$\begin{cases} Q_f(x) = Q\gamma \left\{ 1 - \frac{1}{6\eta(x)} \frac{L-x}{L_s - \gamma x} \right\} = Q \left\{ 1 - \frac{1}{6\eta(x)} \right\} \frac{\gamma \left( \frac{1-x}{L_s} - \frac{x}{L} \right)}{1-\gamma \frac{x}{L_s}} & (0 \leq x \leq L_s) \\ Q_f(x) = 0 & (L_s \leq x \leq L) \end{cases}$$

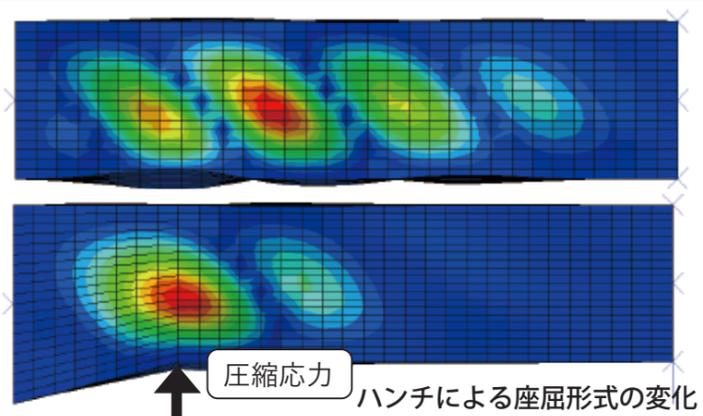
鉛直ハンチ梁の理論解析モデルおよび各パラメータ

$\beta=L_s/L$ : ハンチ率  $\gamma=1-d/ds$ : テーパ率  
 $A_f=Bt_f$ : フランジ断面積  $A_w=dtw$ : ウェブ断面積  
 $\eta=1/6+A_f/A_w$ : せん断曲げ比



## 鉛直ハンチ梁の有限要素法解析

有限要素法を用いてハンチ梁の応力度分布の検証および固有値解析を行った。用いたのは汎用有限要素解析プログラム Abaqus/2017 である。等断面形状、ハンチ率、テーパ率、材長の各種パラメータについてパラメトリック解析を行った。解析の結果からハンチ部下フランジが負担するウェブせん断力はハンチ起点部でウェブに伝達される際に鉛直方向の圧縮応力として作用していることがわかった。この圧縮応力の影響により、ハンチ角度の大きな梁ではハンチ起点部ウェブに座屈波形が集中するウェブクリッピング座屈が顕著になることが明らかになった。

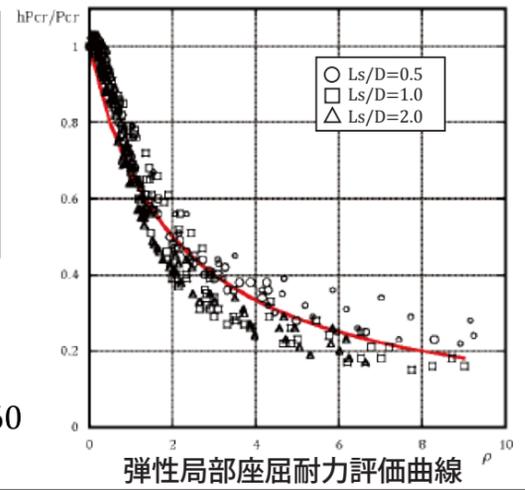


## 座屈性状および座屈耐力評価

ウェブクリッピング座屈をする際には、ハンチを設ける前の梁と比べて弾性座屈耐力は大きく減少し、ハンチ角度の増加に伴い座屈耐力の減少幅も大きくなる。そこでハンチ起点部でウェブに作用するせん断力の大きさに相当する係数  $\rho$  を用いて座屈耐力の減少率を評価することを試みた。ハンチを設けた場合の弾性座屈耐力評価式を以下に示す。 $\rho$  は以下の式に示すものであり、せん断曲げ比  $\eta$ 、ハンチ率  $\beta$ 、テーパ率  $\gamma$  によって表すことができる。一般的に用いられる梁の形状等から、 $\rho$  の範囲は 8.6 以下までとしている。 $\rho$  によって弾性座屈耐力は概ね良い精度で評価可能であり、鉛直ハンチ梁ではウェブの圧縮応力の影響が卓越することを示している。

$$hP_{cr}/P_{cr} = \frac{2.00}{\rho + 2.00}$$

$$\rho = \left( 1 - \frac{1}{6\eta} \right) \frac{1-\beta}{\beta} \frac{\gamma}{1-\gamma} \leq 8.60$$



## 今後の課題

目下実験を計画中。  
今後の研究の流れは以下の予定である。

