

横浜市役所

正会員・大田 裕章

徳島大学工業短期大学部

正会員 平尾 潔

徳島大学工学部

正会員 児嶋 弘行

1 は え が き

本研究は、H形断面からなる両端ピン支持の中心圧縮柱を対象として、その座屈荷重に影響を及ぼすランダムな諸因子（初期不完全性）として、初期たわみ、降伏応力、残留応力を取りあげ、非線形弾塑性解析プログラムを用いて数値計算を行ない、これらの初期不完全性と座屈荷重との相関関係などについて、若干の確率論的考察を加えたものである。

2 解析上の仮定

本研究では、つぎのような仮定をもうけている。(1) 初期たわみのばらつきは、正規確率過程に従うものとする。(2) 降伏応力のばらつきは、正規分布に従うものとし、断面内および部材軸方向のばらつきは考えない。(3) 残留応力の分布は図-1のようなフランジ端の圧縮残留応力の大きさ σ_r が正規分布に従うものとし、部材軸方向のばらつきは考えない。(4) 材料の応力-ひずみ曲線は図-2のような完全弾塑性体とする。(5) 非線形弾塑性解析における最高荷重（荷重-変形曲線の頂点に相当する荷重；すなわち、接線剛性行列の行列式がゼロとなる荷重）を座屈荷重とみなす。

3 断面カー断面変形関係の求め方

解析に必要な非弾性断面における断面力と断面変形との関係はあらかじめ、種々の断面力に対応する断面変形を数値積分法により求めて教表を作成しておき、解析に必要な値は、表中の値を比例配分して求める方法を用いている。この方法は文献1と同様であるので、ここでは詳細は省略する。この方法によれば、残留応力がばらついている場合でも、教表をいくつかの残留応力について、適当な間隔で作表しておくことにより比較的容易に解析できる。本研究では、平均降伏応力を $\bar{\sigma}_y$ として、残留応力が $0.0\bar{\sigma}_r$ から $0.6\bar{\sigma}_r$ まで、 $0.1\bar{\sigma}_r$ 間隔で、教表を7種類作成した。

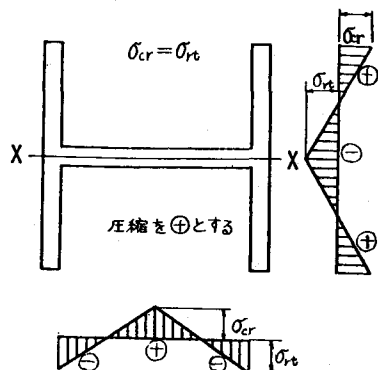


図-1

4 シミュレーション

(1) 初期たわみ：骨組部材の初期たわみは任意の位置での確率変数であり、有限長さの部材の場合、部材端の初期たわみは確率1でゼロに等しいと考えてよいから、これを非定常正規確率過程 $W(\xi)$ に従うものと仮定した。したがって平均関数と自己相関関数が与えられれば決定でき、これらをつぎのように与えた。

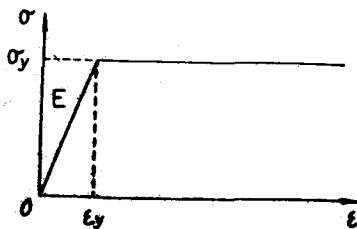
平均関数 自己相関関係

$$W(\xi) = 0 \quad R_W(\xi_1, \xi_2) = \sigma_y^2 \frac{4}{\pi^2} \text{Prism} \cdot \pi \xi_1 \sin \pi \xi_2 \quad (\xi = \frac{x}{L})$$

$$P_{11} = P_{22} = 1.0 \quad P_{33} = 0.15 \quad P_{44} = 0.05 \quad P_{44} = 0.01$$

$$\sigma_y = \frac{L}{500}, \frac{L}{1000}, \frac{L}{2000}, \frac{L}{5000}$$

図-2



ここに、 ξ は部材端からの距離 x を部材長さで除した無次元量である。

(2) 降伏応力、残留応力：本解析では、シミュレーション数を40回程度と限定しているため、完全に正規分

布に従う確率モデルを発生させることはむづかしい。したがって、擬似一様乱数を1000回発生させ、正規乱数に変換し、40個ずつのグループ25個についてヒストグラムを作成し、比較的標準正規分布に従っているとみなせるグループについて正規性の検定を行ない、仮定が採択された場合、度数分布が同じとなる2つのグループをとりだし、それらの乱数を降伏応力と残留応力の標準正規分布表の値として採用した。したがって、降伏応力と残留応力の平均値と標準偏差をそれぞれ与えれば、次式によりシミュレーション値が決定できる。

$$Z = \mu + \sigma X \quad Z: \text{シミュレーション値} \quad \mu: \text{平均} \quad \sigma: \text{標準偏差} \quad X: \text{標準正規分布表の乱数}$$

5 非線形弾塑性解析法について

柱材の座屈荷重を評価しようとする場合、それを精度よく解析できる構造解析手法が必要であり、本解析では、比較的精度のよいと思われる文献3の解析法を用いているが、その基本式とか解析手順などの詳細は文献3にゆずり、ここでは省略する。

6 数値計算例

図-3のような4分割したH形断面を有する両端ピン支持の中心軸圧縮柱を対象として、(1)初期たわみだけがばらついた場合、(2)降伏応力だけがばらついた場合、(3)残留応力だけがばらついた場合、(4)これらの三要因が、独立に同時にばらついた場合について、それぞれ40回程度シミュレーションして弱軸まわりの座屈荷重を求め、統計的処理を行なって、その結果を講演会当日のH.Pで紹介する。なお、初期たわみは部材節点の座標で与え、各分割間を直線近似するものとし、部材の断面諸量、その分割様式等を表-1、図-4に示す。

7 おそび

本解析で得られた結果を列挙すればつぎのようである。

- (1) 初期たわみだけがばらつく場合、および残留応力だけがばらつく場合の座屈荷重の変動係数は、限界細長比付近で最大となる。
- (2) 初期たわみだけがばらつく場合、初期たわみのばらつきと座屈荷重のばらつきとを比較すれば、座屈荷重のばらつきの方が反応が鈍い。
- (3) 降伏応力だけがばらつく場合、座屈荷重の平均値は、細長比が同じなら、降伏応力の変動係数によって変化せずほぼ一致している。また、座屈荷重の平均値は、細長比が大きくなると減少する。
- (4) これらの三要因が独立に同時にばらつく場合の座屈荷重の変動係数は、それらが単独にばらつく場合の変動係数より推定できるものと思われる。などが得られた。

参考文献 (1) 横井、平尾、児嶋：土木学会第33回年次学術講演会講演概要集Ⅰ47 (2) 矢野、平尾、児嶋：土木学会中国四国支部昭和53年度学術講演会概要集Ⅰ21 (3) 平尾、児嶋：土木学会第33回年次学術講演会講演概要集Ⅰ48 (4) 藤本、花田、中谷：鋼圧縮材の座屈強度の確率論的方法による研究、日本建築学会論文報告集 第229号

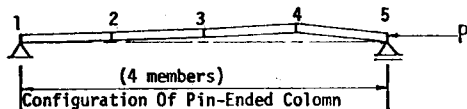


図-3

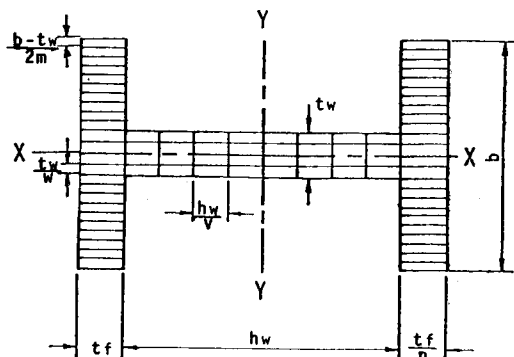


図-4

SECTION	H
b (cm)	10.0
tw (cm)	0.8
hw (cm)	8.8
tf (cm)	0.6
A (cm ²)	19.04
I (cm ⁴)	100.38
E (kg/cm ²)	2100000.0
m	23
n	1
w	4
v	8

表-1