

I-56

降伏点応力のばらつきを制御したときの鋼柱の耐力変動特性

名古屋大学大学院 学生員 岩本 正和
名古屋大学工学部 正 員 伊藤 義人
新日本製鐵 正 員 桑村 仁

1. 緒言： 構造強度の変動性に影響を与える要因は、さまざまなものがあるが、なかでも、降伏点応力のばらつきが部材の耐力に及ぼす影響が大きいと言われている。一方、近年、コンピュータ制御による温度調整、添加物の制御等の製鋼技術の発展により、降伏比や降伏点応力のばらつきの制御が可能となってきている。そこで、本研究においては、残留応力と初期たわみをもつ鋼柱を対象として、降伏点応力のばらつきを制御することにより、中心軸圧縮鋼柱の耐力にどのような影響を与えるかを、弾塑性有限変位解析を用いてシミュレーションを行う。

2. 解析手法： 研究室で作成されている構造実験データベースNDSSの中の引張試験データの降伏点応力を公称降伏点応力で割ったものを対数正規確率紙上にプロットしたものを図-1に示す。これより、降伏点応力が対数正規分布に従うと仮定し、モンテカルロシミュレーション法を用いる。細長比パラメータ $\bar{\lambda}=0.5, 1.0, 1.5$ の範囲において、現在の降伏点応力のばらつきを100%としたとき、このばらつきを75%、50%に制御したときの耐力の変動を各々30個の疑似乱数を発生させて弾塑性有限変位解析を行う。鋼柱の残留応力および初期たわみについては、現実の構造物において最悪値とされている最大圧縮残留応力 $\sigma_{r0}=0.3\sigma_Y$ (σ_Y : 降伏点応力)、柱の中央の初期たわみの大きさを $L/1000$ (L : 部材長)を確定値として用いることにする。また、解析に用いた箱形断面の断面寸法を図-2に示す。また、後で示すシミュレーション結果を比較するために図-3に、実験データベースNDSSから溶接箱形断面柱の実験結果(実測の降伏荷重で無次元化)を検索して表示したものを示す。

3. シミュレーション解析結果： 求められた耐力のヒストグラムを座屈曲線上に表示したものを図-4、図-5（それぞれ100%と50%のばらつき）に示す。図-4に示したヒストグラムは、個々の柱の耐力を、解析に用いた個々の降伏点応力に断面積を乗じて求めた降伏荷重(P_Y)₀で無次元化したもので整理したものである。一方、図-5は、個々の柱の耐力を降伏点応力分布の中央値に断面積を乗じて求めた一定の降伏荷重(P_Y)_mで無次元化して整理したものである。図中にはヒストグラムのほかに、+と↓で平均値 M と $M-2S$ (S : 標準偏差)を示し、さらに図の下方には変動係数 ω を示す。図-3と図-4の100%の結果を比較すると、図-3の実験データは、種々の断面寸法の柱で、初期不整もばらついているので、今回のシミュレーション結果より大きな耐力のばらつきを示している。また、図-6に100%、75%、50%と制御したときに求められた耐力のばらつきの変動係数を示す。

表-1に、 $\bar{\lambda}=1.0$ のものの降伏荷重時の軸方向変位 δ_u を、個々の降伏点応力を用いた降伏荷重時軸方向変位(δ_Y)₀と降伏点応力分布の中央値を用いた降伏荷重時軸方向変位(δ_Y)_mで無次元化したものと、さらに、柱

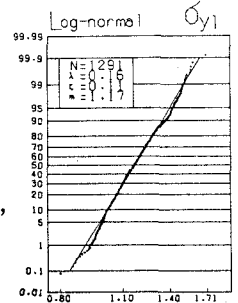


図-1 降伏点応力

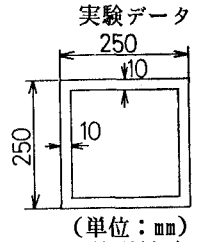


図-2 箱形断面

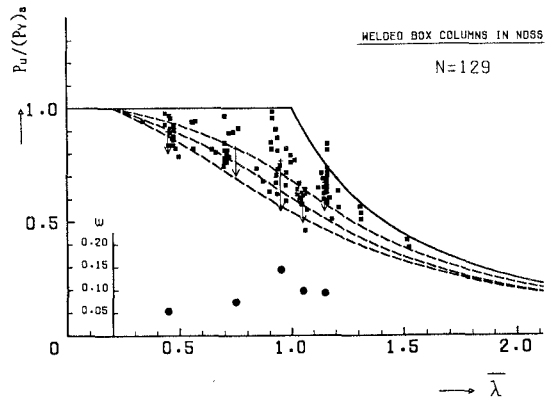


図-3 溶接箱形断面柱実験データ(NDSS)

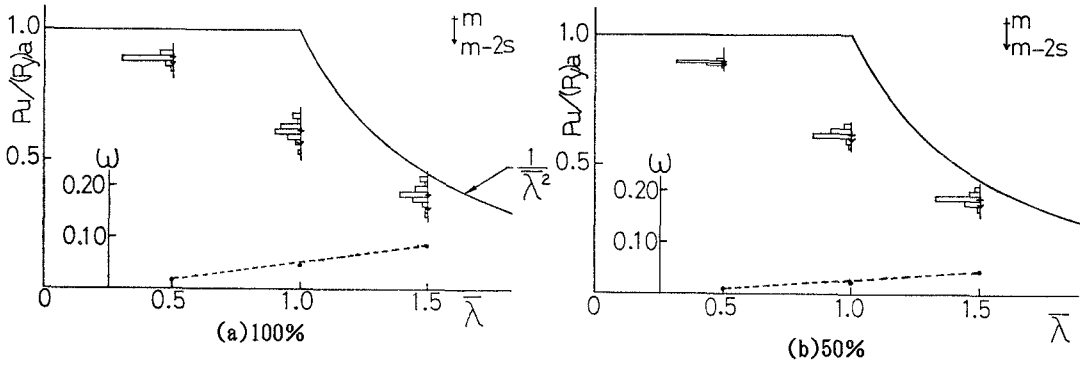


図-4 耐力力のばらつき（ $(P_y)_a$ で無次元化）

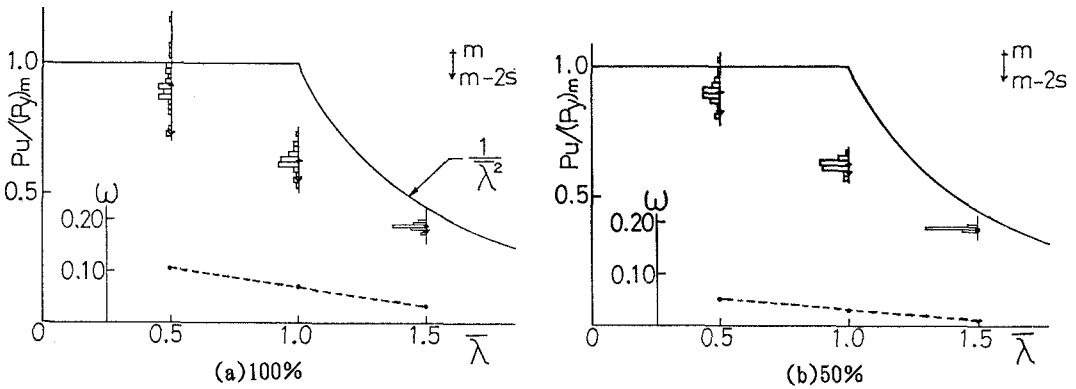


図-5 耐力力のばらつき（ $(P_y)_m$ で無次元化）

の中央の面外変位 δ_H を初期たわみ $L/1000$ で無次元化したものの平均値 M ，標準偏差 S ，変動係数 ω を示す。

4. 結論： 得られた主な結論を以下に示す。

1) 同じばらつきの降伏点応力による箱形断面鋼柱の耐力力の変動性は，細長比パラメータ $\bar{\lambda}=0.5\sim 1.5$ の範囲では，ほぼ，線形に変化する。

2) 降伏点応力のばらつきを100%，75%，50%と変化させると，どの細長比パラメータの位置でも，ほぼ，線形的に鋼柱の耐力力の変動係数は小さくなる。

3) 鋼柱の降伏荷重時の変位についても耐力力の場合と同様に，降伏点応力のばらつきを変化させたとき，その変動係数は，ほぼ，耐力力と同様な変動を示す。

ここでは，箱形断面鋼柱のみについて示したが，他の断面形の鋼柱におけるばらつきの特性と，降伏点応力のばらつきを小さくすることによる設計への貢献については当日発表する。

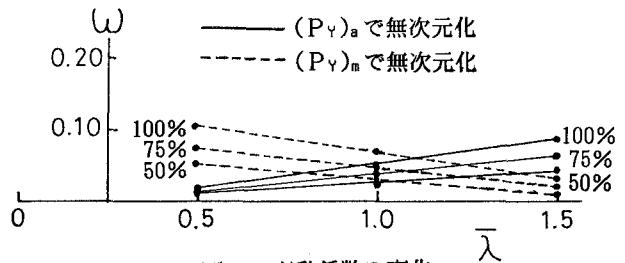


図-6 変動係数の変化

表-1 降伏荷重時変位のばらつきの値

	ばらつき (%)	平均値 M	標準偏差 S	変動係数 ω
$\delta_u / (\delta_y)_a$	100	0.704	0.0522	0.0742
	75	0.701	0.0336	0.0480
	50	0.701	0.0196	0.0280
$\delta_u / (\delta_y)_m$	100	0.715	0.0356	0.0498
	75	0.710	0.0303	0.0426
	50	0.707	0.0223	0.0315
$\delta_H / (L/1000)$	100	4.07	0.251	0.0616
	75	4.02	0.222	0.0553
	50	3.98	0.175	0.0441